



unifaema

CENTRO UNIVERSITÁRIO FAEMA – UNIFAEMA

**ELIS REGINA CORDAZZO BOTTEGA
NARA MEIRELES CASTOLDI**

**SISTEMA DE INTEGRAÇÃO-LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA (ILPF) NA
SUSTENTABILIDADE AGRÍCOLA**

**ARIQUEMES - RO
2024**

**ELIS REGINA CORDAZZO BOTTEGA
NARA MEIRELES CASTOLDI**

**SISTEMA DE INTEGRAÇÃO-LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA (ILPF) NA
SUSTENTABILIDADE AGRÍCOLA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao curso de Agronomia do
Centro Universitário FAEMA – UNIFAEMA
como pré-requisito para obtenção do título
de bacharel em Agronomia.

Orientador (a): Prof. Esp. Tiago Luis
Cipriani

**ARIQUEMES - RO
2024**

FICHA CATALOGRÁFICA
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

B751s Bottega, Elis Regina Cordazzo.
Sistema de Integração-Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) na sustentabilidade agrícola. / Elis Regina cordazzo bottega, Nara Meireles Castoldi. Ariquemes, RO: Centro Universitário Faema – UNIFAEMA, 2024.
53 f.
Orientador: Prof. Esp. Tiago Luis Cipriani.
Trabalho de Conclusão de Curso – Bacharelado em Agronomia – Centro Universitário Faema – UNIFAEMA, Ariquemes/RO, 2024.

1. Mudanças climáticas. 2. Biodiversidade. 3. Produtividade agrícola. I. Título. I. Castoldi, Nara Meireles. III. Cipriani, Tiago Luis.

CDD 630

Bibliotecária Responsável
Isabelle da Silva Souza
CRB 1148/11

**ELIS REGINA CORDAZZO BOTTEGA
NARA MEIRELES CASTOLDI**

**SISTEMA DE INTEGRAÇÃO-LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA (ILPF) NA
SUSTENTABILIDADE AGRÍCOLA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao curso de Agronomia do
Centro Universitário FAEMA – UNIFAEMA
como pré-requisito para obtenção do título
de bacharel em Agronomia.

Orientador (a): Prof. Esp. Tiago Luis
Cipriani

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Adriana Ema Nogueira
Centro Universitário FAEMA – UNIFAEMA

Prof. Dr. Matheus Martins Ferreira
Centro Universitário FAEMA – UNIFAEMA

Prof. Esp. Tiago Luis Cipriani
Centro Universitário FAEMA – UNIFAEMA

**ARIQUEMES – RO
2024**

DEDICATÓRIA

Dedicatória Elis R. C. Bottega

Dedico este trabalho, assim como toda a minha trajetória acadêmica e profissional, àqueles que caminharam ao meu lado em algum momento e que, por circunstâncias tristes e alheias aos seus sonhos, não puderam seguir em frente. A cada pessoa que teve seus planos interrompidos e seus passos impedidos, em especial a minha mãe Sueli Cordazzo, este trabalho é uma homenagem ao desejo não realizado, à luta invisível e à perseverança que, de alguma forma, ainda ecoa em mim. Que, de onde estiverem, sintam-se representados na busca por conhecimento e no desejo profundo de transformação que a educação proporciona.

Dedicatória Nara M. Castoldi

Dedico esse trabalho a minha mãe, Cácia Cristina de Sousa Meireles, minha maior incentivadora, quem me reergueu do chão, me mostrou uma luz e me deu a vida novamente como uma segunda chance. Espero que ela sinta orgulho de mim, tanto quanto sinto dela

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos Elis R. C. Bottega

Rendo graças ao meu grandioso Deus, que me cuida, me ouve e me responde, tendo em prova das minhas bênçãos, meu curso de Agronomia.

Agradeço aos meus pais, Sr. Lauri Bottega e Sra. Sueli Cordazzo, que são os responsáveis por cada uma das minhas conquistas, pois são os que nunca me desabrigaram durante minhas tempestades interiores.

Às minhas irmãs Andréia e Jaqueline, meu irmão do coração Matheus, minha mãe do coração Irai e meus sobrinhos Pietra, Eduarda, João, Luis e Eduardo, sendo estes, os meus lugares de jubilo e meu apoio emocional.

A meu companheiro de vida, Oséias R. Partelli, por me apoiar, me sustentar durante minhas adversidades e me proporcionar a paz que o mundo me tira.

Ao Sr. Giocondo Vale, meu eterno mentor, pela amizade, confiança e ensinamentos que me permitiu vivenciar experiências acadêmicas e profissionais incríveis em sua ilustre presença.

A minha parceira da vida universitária, Nara C. Meireles, que com grande êxito, me amparou no decorrer dos cinco anos de curso.

Agradecimentos Nara M. Castoldi

Agradeço primeiramente a Deus e a Mãe intercessora Maria, que mesmo com as dificuldades sempre manteve a minha fé.

A minha parceira de vida acadêmica e minha amiga Elis Regina Bottega Cordazzo, fomos nós duas do início ao fim.

Aos meus pais, por não terem desistido de mim quando eu mesmo já havia desistido.

Ambas

A todos os professores que participaram da nossa grade curricular, em especial ao Dr. Matheus Martins, que concede seu conhecimento sem nenhum entrave.

A nosso professor e orientador, Tiago L. Cipriani, por todo o apoio, companheirismo e paciência prestada.

A nossa coordenadora do curso, Adriana Ema Nogueira, que além de uma excelente profissional, sempre foi humana e acolhedora.

EPÍGRAFE

“Conhecimento só para mim é inútil. Ele deve ser compartilhado e multiplicado aos quatro cantos.”

(Giocondo Vale)

RESUMO

O Sistema de Integração-Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) surge como uma alternativa eficiente para promover a sustentabilidade no setor agropecuário. Este estudo investiga os impactos do ILPF nos locais onde é implantado, abordando os principais benefícios, como aumento da produtividade, conservação da biodiversidade e mitigação dos efeitos das mudanças climáticas. A metodologia consistiu em revisão bibliográfica e análise de dados sobre as práticas e os resultados do ILPF em diferentes contextos. Os resultados destacam a flexibilidade do sistema, que otimiza o uso da terra e melhora a ecoeficiência da produção agrícola. O ILPF desponta como uma estratégia relevante para o desenvolvimento sustentável, ganhando o interesse de produtores, instituições de pesquisa, e setores financeiros e governamentais. Conclui-se que o ILPF não apenas contribui para a sustentabilidade local, mas também desempenha um papel significativo na transformação positiva do agronegócio, fomentando práticas que alinham produtividade e conservação ambiental.

Palavras-chave: Mudanças climáticas. Biodiversidade. Produtividade agrícola.

ABSTRACT

The Crop-Livestock-Forest Integration System (CLFI) has emerged as an efficient alternative for promoting sustainability in the agricultural sector. This study investigates the impacts of CLFI in the places where it is implemented, addressing the main benefits, such as increased productivity, biodiversity conservation and mitigation of the effects of climate change. The methodology consisted of a literature review and data analysis on CLFI practices and results in different contexts. The results highlight the flexibility of the system, which optimizes land use and improves the eco-efficiency of agricultural production. CLFI is emerging as a relevant strategy for sustainable development, gaining the interest of producers, research institutions, and the financial and government sectors. It is concluded that CLFI not only contributes to local sustainability, but also plays a significant role in the positive transformation of agribusiness, fostering practices that align productivity and environmental conservation.

Keywords: Climate change. Biodiversity. Agricultural productivity.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 JUSTIFICATIVA	13
1.2 OBJETIVOS	14
1.2.1 Geral	14
1.2.2 Específicos.....	14
1.2.3 Hipótese	14
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	15
2.1 SISTEMA INTEGRAÇÃO-LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA.....	15
2.2 VANTAGENS DO SISTEMA ILPF	24
2.2.1 Fertilidade do solo	24
2.2.2 Ciclagem de nutrientes.....	25
2.2.3 Recuperação de áreas degradadas	26
2.2.4 Estoque de carbono	27
2.2.5 Preservação da qualidade do solo.....	28
2.2.6 Minimização de fertilizantes nitrogenados.....	29
2.2.7 Conservação da fauna e flora	30
2.2.8 Redução da pressão por novas áreas	31
2.2.9 Preservação dos recursos hidrológicos.....	31
2.3 COMPONENTE ÁRBOREO	32
2.3.1 Qualidade do pasto	32
2.3.2 Fixação de carbono	33
2.3.3 Barreira contra ventos	33
2.3.4 Diminuição da radiação solar	34
2.4 BEM ESTAR ANIMAL	35
2.5 DIVERSIFICAÇÃO DE RENDA	36
2.5.1 Variação de renda	36
2.5.2 Agregação de valor	37

2.5.3 Incentivos fiscais e linhas de crédito	38
2.5.4 Redução de custos	40
2.5.5 Participação na renda	40
2.6 REDUÇÃO DO USO DE AGROQUÍMICOS	43
2.6.1 Controle natural de pragas.....	43
2.6.2 Diminuição do uso de fertilizantes	44
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	45
3.1 PROCEDIMENTOS TÉCNICOS	45
3.1.1 Da coleta de dados.....	45
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48

1 INTRODUÇÃO

O Sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) combina atividades agrícolas, pecuárias e florestais em um único espaço produtivo, buscando aumentar a eficiência no uso da terra, recuperar solos degradados e reduzir os impactos ambientais, promovendo um modelo sustentável de produção agropecuária.

Sendo assim, o sistema ILPF representa uma alternativa promissora e sustentável para o setor agrícola, proporcionando benefícios que vão desde a conservação da biodiversidade até a mitigação das mudanças climáticas. Em um cenário onde a degradação ambiental e a necessidade de uma produção agrícola eficiente colocam desafios urgentes, o ILPF destaca-se por integrar agricultura, pecuária e floresta em uma mesma área, otimizando o uso do solo e promovendo a resiliência ambiental. No Brasil, aproximadamente 17,43 milhões de hectares adotaram o ILPF (Polidoro et al., 2020), superando as metas estabelecidas pelo Plano ABC em 2009, o que reflete o crescente reconhecimento de seu valor no contexto nacional (Rede ILPF).

Com práticas que incluem rotação de culturas e manejo integrado, o ILPF ajuda a melhorar a fertilidade do solo, reduzir a erosão e equilibrar o regime hídrico, elementos cruciais para a sustentabilidade agrícola e a saúde ambiental. Pesquisas, como as de Rodrigues (2019), evidenciam que a implementação do ILPF favorece a diversidade microbiana nos solos, resultando em uma ciclagem de nutrientes mais eficiente e na redução das emissões de gases de efeito estufa. Além disso, o sistema tem se mostrado eficaz na recuperação de áreas degradadas, oferecendo soluções para a restauração de pastagens e melhoria do bem-estar animal, como destacado por Oliveira (2021).

O conceito de ILPF surgiu nos anos 1970, época em que as discussões sobre sustentabilidade começaram a ganhar destaque, impulsionadas por eventos internacionais como a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano em 1972 (Yassin, 2020). No Brasil, sua adoção foi intensificada a partir de 2010, com o apoio da Embrapa e o lançamento de projetos-piloto em diversas propriedades. Incentivos governamentais, incluindo o Programa Agricultura de Baixa Emissão de Carbono (Programa ABC), fortaleceram o movimento, oferecendo crédito rural para tecnologias sustentáveis, entre elas o ILPF.

No estado de Rondônia, o ILPF começou a se consolidar a partir dos anos 2000, quando aumentaram as discussões sobre o desmatamento na Amazônia e os impactos da pecuária extensiva, práticas que estavam levando à degradação de grandes áreas de pastagens. Inicialmente, as atividades agropecuárias no estado eram caracterizadas pelo uso intensivo de áreas recém-desmatadas, mas essa prática resultou em solos esgotados e pouco produtivos ao longo do tempo. Diante disso, o ILPF surgiu como uma alternativa viável para reverter essa situação, melhorando o uso das terras degradadas e promovendo uma produção sustentável. Municípios como Ji-Paraná, Vilhena, Ariquemes, Cacoal, Rolim de Moura e Pimenta Bueno têm se destacado na adoção desse sistema, evidenciando o compromisso do estado em equilibrar produtividade agrícola e conservação ambiental.

Diante desse contexto, este estudo busca responder à questão central: como o ILPF impacta o ambiente local onde é implantado? Ao investigar e quantificar esses benefícios, espera-se apoiar políticas públicas e práticas agrícolas que incentivem o uso dessa tecnologia. O objetivo principal da pesquisa é analisar as vantagens ambientais do ILPF, enquanto o objetivo específico é compreender a sua contribuição para a sustentabilidade no contexto local, fundamentando o ILPF como uma ferramenta essencial para o equilíbrio entre produção agrícola e conservação dos recursos naturais.

1.1 JUSTIFICATIVA

A escolha de pesquisar sobre a influência do sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) no estado de Rondônia, justifica-se pelo potencial desse sistema em enfrentar desafios agrônômicos críticos. Em regiões como Rondônia, marcadas pelo histórico de desmatamento e pela predominância de práticas de pecuária extensiva, a necessidade de combinar produtividade com sustentabilidade é urgente. A implementação do ILPF representa uma alternativa estratégica, pois visa reverter a degradação de pastagens, aumentar a eficiência no uso do solo e reduzir o impacto ambiental. Na prática, exemplos como o da Fazenda Don Aro, em Machadinho D'Oeste, que já adota o ILP, evidenciam os benefícios e incentivam a expansão de práticas agrícolas sustentáveis. Portanto, a pesquisa busca compreender o impacto desse sistema nos locais onde é implantado, demonstrando

seu valor para promover um modelo de agricultura que alinha rendimento produtivo com conservação ambiental.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Geral

Analisar as vantagens ambientais do Sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), com foco na sua contribuição para a sustentabilidade e no equilíbrio entre a produção agrícola e a conservação dos recursos naturais.

1.2.2 Específicos

- Analisar a contribuição do ILPF para a melhoria da qualidade do solo, conservação da biodiversidade e preservação dos recursos naturais;
- Avaliar o impacto do ILPF na mitigação das mudanças climáticas e na redução das emissões de gases de efeito estufa;
- Investigar como o ILPF equilibra a produção agrícola com a conservação dos ecossistemas e os benefícios para a sustentabilidade das práticas agrícolas locais.

1.2.3 Hipótese

A adoção do sistema de Integração-Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) no local de implantação promove uma otimização dos recursos naturais, melhorando a qualidade do solo, reduzindo a emissão de gases de efeito estufa e aumentando a eficiência no uso de insumos agrícolas, o que resulta em benefícios econômicos e ambientais significativos para os produtores locais.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 SISTEMA INTEGRAÇÃO-LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA

O Sistema Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) é uma estratégia de manejo que integra diferentes atividades agropecuárias no mesmo espaço, em cultivo consorciado, sucessivo ou rotacionado, visando otimizar o uso da terra. Na prática, o ILPF combina a produção agrícola, a pecuária e a plantação de árvores em um mesmo sistema produtivo, buscando maximizar os benefícios econômicos, sociais e ambientais. Essa abordagem promove a sinergia entre os componentes do sistema, permitindo que as áreas produtivas sejam utilizadas de forma mais eficiente e sustentável ao longo do ano. Em um ciclo anual, uma área pode ser utilizada para cultivo de grãos, seguida pela utilização das mesmas áreas como pastagem para pecuária e, simultaneamente ou posteriormente, incluir o componente florestal, como o plantio de árvores para madeira ou recuperação ambiental.

Na prática, a implementação do ILPF requer planejamento técnico detalhado, envolvendo a escolha de culturas e espécies arbóreas adequadas às condições locais. O objetivo é aumentar a produtividade sem a necessidade de abrir novas áreas, contribuindo para a recuperação de solos degradados, a redução de emissões de gases de efeito estufa e a mitigação de impactos ambientais. Além disso, a adoção do sistema melhora o microclima, reduz a pressão por desmatamento e proporciona benefícios como maior sequestro de carbono no solo e na biomassa. No Brasil, esse modelo tem sido amplamente promovido pelo Plano ABC+ (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono) como uma solução prática e sustentável para os desafios ambientais e econômicos do setor agropecuário.

O modelo de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) tem se destacado no cenário da agricultura no Brasil, não somente por sua capacidade de produção, mas, sobretudo, pelos ganhos ambientais que propicia. Conforme Martins et al. (2014),

"A Integração Lavoura-Pecuária-Floresta é uma estratégia que alia produtividade à sustentabilidade, apresentando grande potencial para enfrentar os desafios da agricultura moderna ao reduzir impactos ambientais e melhorar a qualidade dos solos." (MARTINS et al., 2014).

Essa abordagem envolve a combinação de diversas atividades agropecuárias, como a agricultura, a criação de animais e o plantio de árvores, unindo-as em uma única propriedade. O objetivo é maximizar a utilização dos recursos naturais, favorecendo a sustentabilidade ambiental com uma agricultura mais diversificada e harmoniosa.

A ILP e a ILPF se destacam como estratégias promissoras por aliarem ecoeficiência ao desenvolvimento socioeconômico, trazendo diversos benefícios ao produtor rural e ao meio ambiente. Segundo Alvarenga e Balbino (2010), o sistema ILPF proporciona diversos benefícios, como a redução da pressão sobre o desmatamento de novas áreas e a melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Além disso, destaca-se o aumento da ciclagem e a maior eficiência no uso de nutrientes, a diminuição dos custos de produção e a diversificação e estabilização da renda nas propriedades rurais. O modelo também se mostra viável na recuperação de pastagens degradadas e reduz o uso de agroquímicos, contribuindo para o controle de pragas, doenças e plantas daninhas. Outros benefícios incluem a mitigação da erosão, o aprimoramento da qualidade da água, o aumento da capacidade de sequestro de carbono e a redução da emissão de metano pelos animais. O ILPF também favorece a biodiversidade ao criar nichos para polinizadores e inimigos naturais de pragas e doenças (Alvarenga & Balbino, 2010).

Esses múltiplos benefícios tornam os sistemas ILP e ILPF fundamentais para um modelo de agricultura sustentável, que não só assegura a produtividade, mas também contribui para a conservação dos recursos naturais e o equilíbrio ecológico, aspectos essenciais para o desenvolvimento rural de longo prazo.

No Brasil, esse modelo tem se tornado cada vez mais importante nas últimas décadas, motivado pela demanda por aumentar a produção agrícola de maneira sustentável, aliando diversas atividades produtivas em um único ambiente. O progresso desse modelo no país demonstra uma crescente atenção às práticas agrícolas sustentáveis e à criação de tecnologias avançadas para otimizar a utilização dos recursos naturais.

O desenvolvimento do sistema ILPF no Brasil teve início nos anos 1970, um período marcado por pastagens degradadas e solos com elevada acidez e baixa fertilidade, o que levou agricultores de diversas regiões a buscar soluções mais eficientes e integradas para a recuperação e uso sustentável da terra (Kichel, 2012).

Nos anos 1990, em várias propriedades rurais, principalmente no Centro-Oeste e Norte do país, o Sistema de Plantio Direto (SPD) foi implementado, desempenhando um papel crucial na concepção da ILPF. O SPD visava reduzir a erosão do solo e melhorar sua qualidade, sendo uma prática alinhada aos princípios do ILPF, que propõe a integração entre lavoura, pecuária e floresta. A adoção do SPD, especialmente entre produtores rurais e técnicos da área, contribuiu para o aprimoramento das práticas agrícolas, criando um cenário propício para o desenvolvimento do sistema ILPF.

A partir dos anos 2000, a Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) teve seu reconhecimento ampliado, contando com o respaldo de políticas públicas que favoreceram sua divulgação. As pesquisas nesse campo foram aprofundadas pela Embrapa, que passou a ver a ILPF como uma alternativa eficaz para reabilitar terrenos degradados e aumentar a produção de maneira sustentável.

Em apenas dez anos, em 2010, o sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) recebeu forte impulso no Brasil devido a uma série de incentivos governamentais e mecanismos de apoio voltados para a promoção da sustentabilidade e da recuperação ambiental. Um dos principais estímulos é o Plano ABC+ (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono), lançado pelo governo federal, que visa reduzir as emissões de gases de efeito estufa na agropecuária por meio da adoção de práticas como a ILPF. Esse plano oferece linhas de crédito específicas, como o Pronaf ABC e o Pronamp, que disponibilizam condições especiais de financiamento para produtores interessados em adotar tecnologias sustentáveis e de baixa emissão de carbono (BRASIL, 2022).

Além disso, iniciativas estaduais e municipais complementam esses esforços com incentivos fiscais e programas de capacitação técnica. Por exemplo, projetos em parceria com a Embrapa têm capacitado agricultores em diversas regiões do país para implementar o sistema ILPF, mostrando seus benefícios econômicos e ambientais. Também merece destaque o apoio internacional, como os financiamentos provenientes do Fundo Verde para o Clima (GCF), que visam mitigar os impactos das mudanças climáticas e fomentar sistemas produtivos resilientes (EMBRAPA, 2021).

Esses incentivos demonstram um esforço coordenado entre o governo, instituições de pesquisa e organizações privadas para impulsionar a adoção da

ILPF, consolidando-a como uma solução prática e eficiente para os desafios ambientais e produtivos enfrentados pelo setor agropecuário brasileiro.

Na mesma década, a Embrapa desenvolveu tecnologias específicas para esse sistema, como o manejo de árvores e pastagens e o melhoramento genético de espécies florestais e forrageiras. Atualmente, a ILPF se consolidou como uma das principais tecnologias de produção sustentável, sendo um sistema resiliente que contribui significativamente para melhorar a mitigação das mudanças climáticas e colaborando para aumentar a rentabilidade das propriedades rurais.

Segundo a Embrapa (2020), em Rondônia, a adoção do sistema ILPF destaca-se como uma estratégia relevante para conter o desmatamento e restaurar pastagens degradadas, sobretudo em municípios com forte atividade agropecuária. Ji-Paraná, considerado um dos maiores polos agrícolas do estado, tem intensificado esforços para recuperar áreas danificadas e implementar práticas sustentáveis, alinhando-se aos objetivos do Plano ABC, que busca incentivar a agricultura de baixa emissão de carbono.

Ariquemes, outro importante município agropecuário, investe em tecnologias de integração que promovem o equilíbrio entre produtividade e sustentabilidade, enquanto Vilhena, referência na produção de soja e pecuária, tem adotado o ILPF para melhorar a qualidade do solo e aumentar a eficiência produtiva (MAPA, 2021).

Cacoal, por sua vez, destaca-se pela diversificação agrícola associada ao ILPF, reduzindo a pressão sobre as áreas florestais e fortalecendo o manejo sustentável. Já Rolim de Moura e Pimenta Bueno, que apresentam uma tradição agropecuária diversificada, utilizam o sistema como ferramenta essencial para reverter a degradação causada pela pecuária extensiva (FAPERON, 2022).

Durante as pesquisas, nos deparamos com a Fazenda Don Aro, localizada em Machadinho do Oeste, a qual é um exemplo destacado da aplicação do sistema de Integração Lavoura-Pecuária (ILP) e da adoção de práticas agrícolas sustentáveis na região. Desde 2010, seu proprietário, Giocondo Vale, tem implementado estratégias de recuperação de solos degradados, que antes apresentavam baixa fertilidade e alta acidez. Por meio do sistema ILP, a fazenda diversificou suas atividades, combinando a produção de soja com a criação de gado em pastagens renovadas, o que resultou em melhorias significativas na produtividade e na qualidade do solo.

A Fazenda Don Aro destacou-se nacionalmente ao conquistar o segundo lugar no 4º Prêmio Fazenda Sustentável, promovido pela revista Globo Rural, em 5 de dezembro de 2017. O reconhecimento foi baseado nas práticas inovadoras e sustentáveis aplicadas na propriedade, com ênfase no uso do sistema de Integração Lavoura-Pecuária (ILP).

Segundo a matéria e o vídeo divulgados pela Globo Rural, o sistema ILP na Fazenda Don Aro é implementado de forma estratégica para otimizar o uso da terra, diversificar a produção e promover a recuperação de áreas degradadas. Esse modelo proporciona sinergia entre as atividades agrícolas e pecuárias, contribuindo para a melhoria do solo e a redução dos impactos ambientais. A propriedade se tornou referência em sustentabilidade ao demonstrar como a integração bem planejada pode aliar alta produtividade à conservação ambiental.

Atualmente, a Fazenda Don Aro integra 1.050 hectares de área produtiva, sendo 625 destinados à soja e o restante à pecuária. Um dos diferenciais do sistema utilizado é o plantio de braquiária após a colheita da soja, o que melhora a estrutura do solo e oferece pastagem de alta qualidade para o gado. A adoção dessas práticas permitiu triplicar a densidade de animais por hectare em relação ao sistema anterior e aumentou a produtividade da soja, com colheitas de até 68 sacas por hectare.

Além dos benefícios econômicos, a Fazenda Don Aro tornou-se um modelo de sustentabilidade e inovação na região. Com a certificação de Boas Práticas Agropecuárias (BPA), foi a primeira propriedade em Rondônia a alcançar essa distinção. A experiência da fazenda com o sistema ILP reforça o potencial para otimizar o uso da terra, reduzir impactos ambientais e contribuir para a sustentabilidade da pecuária e agricultura no estado

Esses avanços refletem o compromisso de Rondônia com a implementação de práticas agrícolas que conciliam a conservação ambiental com o aumento da produtividade, contribuindo para a sustentabilidade da Amazônia e a mitigação dos impactos ambientais da agricultura (EMBRAPA, 2020).

A Lei nº 12.805/2013 trouxe novas atribuições para fomentar a adoção do sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) como estratégia produtiva. Entre as medidas previstas estão: elaboração de planos de ação regionais e nacionais para ampliar e aperfeiçoar o ILPF com a participação das comunidades locais; incentivo à rastreabilidade e certificação de produtos oriundos desses

sistemas; capacitação de agentes de extensão rural em aspectos ambientais e econômicos da diversificação e rotação de atividades agrícolas, pecuárias e florestais; e criação de linhas de crédito rural alinhadas com os objetivos da Política Nacional de ILPF. A lei também promove a produção integrada, o associativismo e a agricultura familiar; fomenta a geração, adaptação e transferência de tecnologias; e fiscaliza o uso de incentivos financeiros. Outras ações incluem a capacitação de diversos atores para o uso racional dos recursos naturais, a garantia de infraestrutura para fiscalização ambiental e o estímulo à arborização de pastagens, promovendo maior bem-estar animal e produtividade sustentável (BRASIL, 2013).

Com a ampliação das áreas agrícolas e o incremento do cultivo que envolve o preparo intensivo do solo, utilização de produtos agroquímicos e sistemas de irrigação, as atividades relacionadas à agricultura, pecuária e silvicultura começaram a ser realizadas de maneira intensa, autônoma e isolada. Esse sistema de produção agropecuária é predominante nas fazendas ao redor do mundo, mas tem mostrado vulnerabilidades em virtude da elevada demanda por energia e recursos naturais que acarretam (Balbino, 2011).

Um dos principais desafios enfrentados pela agricultura será lidar com os impactos gerados por anos de práticas que pressionaram fortemente o meio ambiente. Entre os objetivos a serem alcançados estão a redução da erosão e da degradação da fertilidade dos solos, o controle do assoreamento de rios e córregos, a minimização da poluição do solo e da água, além de ações para reduzir a emissão de gases de efeito estufa (GEE) (Vilela et al., 2012).

Os sistemas integrados de produção foram criados com o objetivo de recuperar solos e pastagens degradadas, ao mesmo tempo em que possibilitam uma gestão mais eficiente das culturas, contribuindo também para a redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE) de origem humana. Esses sistemas buscam minimizar os impactos ambientais ao diversificar a produção e promover a circularidade, melhorando os ciclos biológicos entre seus diferentes componentes. Dessa maneira, garantem uma produção agrícola mais eficiente e sustentável, promovendo a conservação dos recursos naturais de forma integrada e harmônica durante todo o processo produtivo (Neto, 2023).

Existem várias maneiras de integrar os setores agrícola, pecuário e florestal, tanto em termos espaciais quanto temporais, que se destacam pelo seu grande

potencial de produção e pela capacidade de contribuir para a melhoria da qualidade do meio ambiente. (Balbino, 2012).

Embora os benefícios ambientais sejam proeminentes, a implementação do ILPF também apresenta desafios, como a necessidade de conhecimentos técnicos para o manejo integrado e os investimentos iniciais em infraestrutura. Os produtores frequentemente necessitam de capacitação para ajustar suas práticas ao sistema ILPF e maximizar seus benefícios econômicos e ambientais.

A adoção do sistema ILPF enfrenta diversos obstáculos, conforme apontado por Kichel (2013). Entre os principais entraves, destacam-se a resistência dos produtores ao uso de novas tecnologias, associada ao tradicionalismo de algumas práticas agrícolas. Além disso, a implementação do sistema exige maior qualificação e dedicação tanto dos produtores quanto de técnicos, gestores e colaboradores, o que implica na necessidade de investimentos em capacitação. Outro desafio é o alto custo financeiro envolvido, com retorno mais significativo no médio e longo prazo, especialmente no componente florestal. A falta de acesso ao crédito adequado e a necessidade de grandes investimentos em infraestrutura para a instalação dos diferentes componentes do sistema são também barreiras importantes. A ausência de infraestrutura básica regional e um mercado local para o escoamento da produção dificultam ainda mais a adoção do ILPF, que depende de fatores externos, como transporte, armazenamento e energia. Adicionalmente, a escassez de mão de obra qualificada, especialmente a de técnicos de nível superior, é um fator limitante para a implementação do sistema, assim como a baixa ênfase dada a esses sistemas nos currículos dos cursos de ciências agrárias. Por fim, a complexidade dos sistemas ILPF, que envolvem diversas atividades e exigem grandes investimentos, aumenta os riscos associados, especialmente no que se refere à produção de grãos, que é mais vulnerável a fatores como variabilidade climática, pragas, doenças, armazenamento e flutuações no mercado.

Kluthcouski e Baldino (2015) afirmam que os sistemas de integração são mais complexos, pois combinam várias atividades, exigindo do produtor não só conhecimento técnico, mas também habilidades de gestão e infraestrutura adequadas para operá-las de forma integrada. A adoção desses sistemas em ecossistemas diversos no Brasil depende de múltiplos fatores, tais como:

- Solos adequados para cultivo.
- Infraestrutura de apoio para produção e armazenamento.

- Disponibilidade de recursos financeiros próprios ou acesso a crédito.
- Conhecimento técnico nas práticas agrícolas e pecuárias.
- Acesso a mercados para a compra de insumos e a comercialização dos produtos.
- Disponibilidade de assistência técnica qualificada.
- Opções para arrendamento de terras ou parcerias produtivas.

Essas condições influenciam diretamente o potencial de sucesso na implementação dos sistemas de integração em diferentes contextos ambientais e econômicos.

Em síntese, o sistema ILPF se apresenta como uma solução abrangente para a agricultura sustentável. Ao combinar práticas agrícolas diversificadas, melhora a saúde do solo, promove a conservação da biodiversidade, e atua como um mitigador das mudanças climáticas, mantendo sua importância em um contexto global cada vez mais voltado para a sustentabilidade (Kluthcouski e Baldino, 2015). A adoção crescente do ILPF reflete não apenas seu potencial produtivo, mas também seu valor intrínseco na promoção de sistemas agrícolas mais resilientes e sustentáveis.

Outro impacto significativo do ILPF é na mitigação das emissões de gases de efeito estufa. Estudos revelam que este sistema pode reduzir significativamente as emissões de metano (CH_4) e óxido nitroso (N_2O) oriundas de atividades pecuárias, além de contribuir para o sequestro de carbono devido à presença de árvores. Esta capacidade de alto sequestro de carbono é essencial no contexto das mudanças climáticas, já que oferece uma estratégia viável para compensar emissões em outras atividades agrícolas (Silva, 2016).

O uso de sistemas integrados (SI) contribui para a redução da pressão sobre a abertura de novas áreas agrícolas, uma vez que maximiza o potencial produtivo das terras já destinadas à agricultura. Além disso, a prática de cultivar árvores em conjunto com lavouras ou pastagens ajuda a combater o desmatamento, ao aumentar a oferta de madeira para o mercado. Quando espécies nativas são utilizadas, essa abordagem também favorece a preservação da biodiversidade local (Salton, 2015).

Balieiro et al. (2004) apontam que a introdução de árvores em sistemas agrícolas e pecuários aumenta a eficiência na captação de energia, devido à ocupação de diferentes camadas no ambiente. Barreto et al. (2006) também

ressaltam a importância das árvores na oferta de matéria orgânica ao solo e na ciclagem de nutrientes, promovendo o desenvolvimento da biota e melhorando significativamente as propriedades químicas e físicas do solo.

O sistema ILPF representam uma estratégia sustentável e promissora para a agricultura brasileira, unindo agricultura, pecuária e silvicultura em um único sistema produtivo. Contudo, o ILPF também apresenta desafios e limitações. A complexidade do sistema exige maior capacidade técnica e gerencial dos produtores, bem como infraestrutura específica, o que pode limitar sua adoção em algumas regiões.

O retorno sobre o investimento em ILPF é geralmente de médio a longo prazo, especialmente para o componente florestal, o que pode ser desvantajoso para pequenos produtores que precisam de retorno financeiro mais imediato (Cunha et al., 2015; Macedo, 2009). Além disso, o custo inicial elevado e a necessidade de acesso a crédito também são barreiras importantes (Alves et al., 2016).

Assim, enquanto o ILPF oferece uma alternativa sustentável e eficiente para o uso da terra, sua viabilidade depende do contexto socioeconômico e das condições regionais específicas.

2.2 VANTAGENS DO SISTEMA ILPF

2.2.1 Fertilidade do solo

No contexto do ILPF, Rodrigues (2019) destaca que a rotação de culturas, juntamente com o aporte contínuo de matéria orgânica proveniente das árvores e pastagens, desempenha um papel fundamental na melhoria da fertilidade do solo. Esse processo contribui para a recuperação e manutenção da qualidade do solo ao enriquecer o conteúdo de nutrientes e aprimorar sua estrutura. A decomposição dos resíduos orgânicos, em particular, é um fator-chave para a formação de uma estrutura mais estável, que favorece a infiltração de água e melhora a disponibilidade de nutrientes para as plantas. Tais benefícios são essenciais para garantir a sustentabilidade do sistema, promovendo solos mais saudáveis e produtivos ao longo do tempo.

Estudos comparativos também corroboram esses efeitos. Por exemplo, pesquisa de Silva et al. (2015) comparou os efeitos do ILPF em áreas de pastagem degradada e encontrou um aumento de até 20% na produtividade agrícola, além de uma melhora significativa na qualidade do solo, com elevação de 15% na capacidade de retenção de água e aumento de 10% na concentração de matéria orgânica no solo após dois anos de implantação do sistema. Em estudo semelhante realizado por Carvalho et al. (2017), o aumento na produção de soja em áreas com ILPF foi de 30% em comparação com áreas de monocultura. Esses resultados demonstram que, além da melhoria da fertilidade, o ILPF pode trazer ganhos produtivos consideráveis, o que reflete diretamente na sustentabilidade econômica do sistema.

Esses dados são importantes para validar a eficácia do ILPF não apenas em termos de conservação ambiental, mas também como uma estratégia que promove a produtividade agrícola, equilibrando o uso da terra e os recursos naturais.

A diversidade da flora e as condições ambientais têm um impacto direto na quantidade e qualidade dos resíduos que se acumulam no solo, criando um ambiente heterogêneo e rico em nutrientes. Nesse contexto, a macrofauna e a microfauna desempenham papéis essenciais na dinâmica do solo, ajudando na decomposição e no ciclo de nutrientes, o que contribui para a sua fertilidade (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

Um dos principais benefícios técnicos da Integração Lavoura-Pecuária (ILP) é a utilização do efeito residual da adubação aplicada nas culturas de grãos, que favorece as pastagens subsequentes. A adoção de plantas como as braquiárias, que possuem alta capacidade de extrair fósforo, em sistemas de rotação de culturas, tem se mostrado eficaz na recuperação desse nutriente no solo. Estudos indicam que a recuperação de fósforo pode ser até 69% mais eficiente em comparação com sistemas que envolvem exclusivamente culturas anuais (SOUSA et al., 2007).

Essa maior eficiência no aproveitamento do fósforo está relacionada à morfologia das raízes das braquiárias, que, ao se associarem a fungos micorrízicos, ampliam a capacidade de absorção de nutrientes com baixa mobilidade, como o fósforo. Esses fungos, por meio de enzimas fosfatases, solubilizam fosfatos orgânicos e facilitam a mobilização do fósforo inorgânico, o que aumenta a disponibilidade do nutriente no solo (YAO et al., 2001).

Além disso, sistemas que aumentam a biomassa vegetal e a matéria orgânica do solo (MOS) exercem um impacto positivo na biologia do solo, favorecendo a diversidade biológica. A interação das raízes das plantas forrageiras nos sistemas integrados melhora as características físicas do solo, resultando em benefícios para sua estrutura e qualidade biológica. Esses efeitos contribuem para a maior resiliência e fertilidade do solo ao longo do tempo (MACEDO, 2009).

Em contrapartida, práticas agrícolas convencionais, como o monocultivo e o plantio tradicional, tendem a degradar as características químicas e físicas do solo. Essas práticas resultam em erosão, perda de carbono, esgotamento dos recursos hídricos e redução na disponibilidade de nutrientes, particularmente nitrogênio e fósforo, o que compromete a sustentabilidade a longo prazo da agricultura (AGUIAR et al., 2010; SILVA et al., 2011).

2.2.2 Ciclagem de nutrientes

Os sistemas agroflorestais desempenham um papel crucial na promoção de microrganismos essenciais para a ciclagem de nutrientes e a qualidade do solo. Esses sistemas aumentam a disponibilidade de matéria orgânica e auxiliam na retenção de água no solo, o que contribui significativamente para a saúde do solo. A pesquisa sobre sistemas agroflorestais tem se concentrado na exploração de sua viabilidade como uma abordagem produtiva que também apoia práticas de

conservação, buscando emular as características dos ecossistemas naturais para promover a sustentabilidade (PACIULLO et al., 2011; TORNQUIST et al., 1999).

Sistemas que realmente promovem melhorias nas propriedades químicas, físicas e microbiológicas do solo são considerados sustentáveis, pois esses aspectos são fundamentais para a fertilidade e a saúde do solo a longo prazo (TORNQUIST et al., 1999; BARRETO et al., 2006). A matéria orgânica do solo (MOS), que é composta por restos de origem animal e vegetal, bem como por substâncias sintéticas resultantes da degradação microbiológica ou química, desempenha um papel central nessa dinâmica. Ela também inclui os organismos do solo, tanto vivos quanto mortos, e os produtos resultantes de sua decomposição (SCHNITZER; KHAN, 1972).

Devido às suas características de superfície e estrutura molecular, a MOS atua tanto como reservatório quanto como fonte de poluentes orgânicos, incluindo moléculas xenobióticas (BALDOCK; NELSON, 1999). Além disso, a MOS desempenha um papel essencial na agregação do solo, ajudando a fortalecer sua resistência a processos de degradação física e erosão (TIESSEN et al., 1992). A dinâmica da MOS, portanto, tem um impacto direto na sustentabilidade da agricultura, pois facilita a ciclagem eficiente de nutrientes, aproveita raízes em diferentes profundidades e aumenta a matéria orgânica do solo, potencializando a atividade de microrganismos benéficos e melhorando a retenção de água.

2.2.3 Recuperação de áreas degradadas

Na agricultura, a adoção de monocultivos e práticas inadequadas tem gerado diversos problemas, como a redução da produtividade, o surgimento de pragas e doenças, e a degradação do solo e dos recursos naturais. Em áreas de lavouras temporárias e pastagens, tanto naturais quanto plantadas, a monocultura predomina, e frequentemente as boas práticas agronômicas não são aplicadas. Esse cenário leva à degradação do solo, à baixa produtividade e ao aumento da erosão (Balbino, 2001; Macedo, 2009, 2015).

O interesse por sistemas mais integrados surgiu principalmente devido à necessidade urgente de reabilitar áreas de pastagem degradadas e às limitações ambientais que restringem a expansão para novas áreas de vegetação nativa, especialmente após os anos 90. Os sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), quando bem manejados, têm o potencial de aumentar

significativamente a produção, particularmente ao recuperar áreas degradadas ou de baixa produtividade. A implementação desses sistemas pode reduzir a necessidade de expandir para novas áreas, promovendo benefícios ambientais como a preservação da vegetação nativa, a conservação do solo e dos recursos hídricos, além de favorecer o desenvolvimento econômico local (Revista Embrapa Gado de Corte, 2012).

A renovação das pastagens pode ser feita de forma direta ou indireta. Na renovação direta, são aplicadas técnicas agronômicas para substituir as espécies de pastagem degradada por novas forrageiras, buscando reverter o estado de degradação sem o uso de culturas intermediárias. Já a recuperação indireta envolve o uso de métodos mecânicos, químicos e culturais, incluindo a utilização de pastagens anuais ou culturas de grãos por um período específico, com o objetivo de revitalizar a pastagem existente. Essas estratégias podem incluir desde o uso de herbicidas para secar a pastagem até técnicas mais intensivas de preparo do solo e plantio convencional. Após a fase de cultivo, seja de pastagem anual ou grãos, a área pode regenerar as espécies forrageiras a partir do banco de sementes ou receber semeadura adicional para melhorar a densidade das plantas. O objetivo principal dessa abordagem é aproveitar os nutrientes residuais para revitalizar as forrageiras autóctones com um custo reduzido (Macedo et al., 2018).

Além de contribuir para a melhoria da fertilidade do solo, o ILPF também promove um aumento na biodiversidade, tanto da fauna quanto da flora do solo, graças à variedade de plantas cultivadas e à melhora das condições físicas e químicas do solo. Esse aprimoramento cria um ambiente mais propício à atividade biológica, favorecendo decompositores e organismos que desempenham um papel crucial na mineralização de nutrientes, o que torna o sistema mais resiliente e sustentável ao longo do tempo.

2.2.4 Estoque de carbono

A forma como o solo é manejado e preparado influencia diretamente os estoques de carbono e nitrogênio, especialmente em sistemas que utilizam o Sistema de Plantio Direto (SPD), sem que se observe um impacto relevante relacionado aos níveis de fertilização. Em relação à macrofauna, os Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (SILPF) que adotam o SPD, combinado com pastagens e leguminosas, demonstraram maior densidade e diversidade de

espécies, criando condições mais favoráveis para a manutenção da qualidade do solo. Estudos realizados por Vilela (2001) e Marchão (2007) investigaram as características físicas do solo, os estoques de carbono e a macrofauna, com o objetivo de comparar a qualidade do solo em sistemas SILPF com práticas agrícolas e de pastagem tradicionais e contínuas. Esses estudos consideraram diferentes métodos de preparo do solo e sistemas de plantio direto, aplicando dois níveis de adubação como manutenção.

De acordo com Breman e Kessler (1997), a integração de árvores nas atividades agrícolas tem mostrado benefícios significativos para a fertilidade do solo. As árvores contribuem para a melhoria das culturas e pastagens, pois suas raízes profundas ajudam na fixação de nitrogênio, especialmente quando associadas a leguminosas, e ainda desempenham um papel importante na conservação do solo.

Em suma, o Sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) se configura como uma alternativa eficiente para mitigar os efeitos negativos do monocultivo e de práticas agrícolas inadequadas, como a redução da produtividade, a erosão e a degradação do solo. A rotação de culturas, o uso de pastagens e a introdução de árvores no sistema não apenas aumentam a fertilidade do solo e a disponibilidade de nutrientes, mas também promovem uma cobertura contínua do solo, o que ajuda a reduzir o escoamento superficial e a erosão, contribuindo para a sustentabilidade agrícola.

2.2.5 Preservação da qualidade do solo

A sustentabilidade da agricultura é um conceito fundamental para o manejo adequado das terras, solo e culturas, sendo amplamente reconhecido como um indicador de práticas agrícolas eficientes (Doran & Zeiss, 2000; Wang & Gong, 1998). A matéria orgânica desempenha um papel crucial como um robusto indicador da qualidade do solo e da sustentabilidade dos sistemas agrícolas, pois está diretamente relacionada aos processos biológicos, físicos e químicos que ocorrem no solo (Shukla et al., 2006; Lal, 1997). Além disso, a matéria orgânica é eficaz no monitoramento das mudanças na qualidade do solo ao longo do tempo, permitindo a avaliação contínua dos impactos das práticas agrícolas (Shukla et al., 2006).

De acordo com o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA – NRCS, 2013), a qualidade do solo é definida pela sua capacidade de funcionar adequadamente em ecossistemas naturais e sob manejo, promovendo a

produtividade animal e vegetal, além de manter ou melhorar a qualidade do ar e da água. Neste contexto, a matéria orgânica do solo desempenha um papel essencial na qualidade geral do solo, pois está diretamente envolvida nas suas funções essenciais. O manejo agrícola afeta significativamente a quantidade e a qualidade da matéria orgânica presente no solo, tornando-se uma ferramenta importante para melhorar as propriedades do solo e reduzir a emissão de gases de efeito estufa (GEE).

Os sistemas agroflorestais oferecem uma solução sustentável para a transição de monoculturas para sistemas agrícolas mais diversificados, principalmente pela sua capacidade de auxiliar na recuperação de solos degradados ou marginalizados (Dixon et al., 1993; Dixon, 1995; Young, 1997). Esses sistemas promovem a melhoria da qualidade do solo ao utilizar insumos orgânicos provenientes de resíduos de cultivos e materiais de árvores, o que leva à preservação ou aumento da matéria orgânica do solo (MOS) (Young, 1997). Como resultado, o potencial para o aumento do carbono no solo, tanto em solos manejados quanto não manejados, é imenso (Lal, 2008).

O manejo sustentável, exemplificado pelos sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), traz benefícios significativos para a saúde do solo e, por consequência, para a produção agrícola. Contudo, embora esses sistemas apresentem um grande potencial de mitigação de GEE, especialmente no que diz respeito à qualidade do material orgânico acumulado, o uso desse potencial ainda é pouco explorado e carece de mais pesquisas para maximizar seus benefícios.

2.2.6 Minimização de fertilizantes nitrogenados

Nos sistemas integrados, o componente arbóreo desempenha um papel fundamental na ciclagem de nutrientes. Suas raízes absorvem nutrientes dos horizontes mais profundos do solo e os transportam para camadas superficiais, onde podem ser acessados por plantas herbáceas com raízes menos profundas (Franke & Furtado, 2001). Esse processo de ciclagem promovido pelo componente florestal contribui para uma menor necessidade de fertilizantes, incluindo os nitrogenados.

Vieira et al. (2010) destacam que as perdas de nitrogênio (N) e as emissões de óxido nitroso (N₂O) podem aumentar com o manejo inadequado das doses e do momento de aplicação dos fertilizantes nitrogenados. Esse aumento de perdas pode ser mitigado pela sinergia entre os componentes do sistema integrado. Zanatta

(2009) aponta que as principais emissões de N₂O na agricultura estão relacionadas à aplicação de fertilizantes nitrogenados, ao uso de dejetos e ao manejo inadequado do solo.

De acordo com Lupwayi e Kennedy (2007), a rotação de leguminosas com culturas agrícolas é uma estratégia eficaz para reduzir a emissão de gases de efeito estufa (GEE), especialmente o N₂O. Isso ocorre porque as leguminosas se associam a bactérias fixadoras de nitrogênio (FBN), o que diminui a necessidade de fertilizantes nitrogenados e, ao mesmo tempo, aumenta o estoque de carbono no solo através dos resíduos das leguminosas. A combinação dos resíduos da colheita da lavoura com a pastagem integrada aumenta a matéria orgânica do solo, o que contribui para o estoque de carbono e nitrogênio, reduzindo a perda desses nutrientes.

Além disso, a rotação com leguminosas em sistemas agrícolas é uma estratégia que eleva o estoque de carbono no solo e reduz a necessidade de fertilizantes nitrogenados, devido à fixação biológica de nitrogênio, o que, por sua vez, contribui para a diminuição das emissões de N₂O na atmosfera (Amado et al., 2001). Esses benefícios potenciais impulsionaram a inclusão dos sistemas ILP e ILPF entre as tecnologias dos compromissos voluntários de redução de emissões de GEE assumidos pelo Brasil durante a COP15. Esse compromisso resultou na criação do Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas, com o objetivo de consolidar uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura, conhecido como Plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono) (Brasil, 2010a, 2012).

2.2.7 Conservação da fauna e flora

O conteúdo arbóreo e a diversidade de plantas no sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) desempenham um papel fundamental na criação de micro-habitats, os quais atraem uma variedade de espécies faunísticas, como aves, pequenos mamíferos e insetos. As árvores oferecem locais de abrigo, alimentação e reprodução para várias espécies, contribuindo significativamente para o aumento da biodiversidade nas áreas manejadas com esse sistema.

Além disso, o ILPF favorece a diversidade tanto de espécies vegetais quanto animais, criando ambientes mais complexos que suportam uma maior variedade de organismos. A presença de diferentes culturas, pastagens e árvores cria condições

ideais para a coexistência de várias espécies, incluindo polinizadores e organismos do solo, que são essenciais para o equilíbrio ecológico (Paciullo et al., 2011).

A inclusão de árvores no sistema agropecuário não só fornece refúgios valiosos para a fauna, mas também serve como corredores ecológicos que conectam fragmentos de mata nativa, sendo essencial para a conservação das espécies em áreas agrícolas. O ILPF tem um papel importante na preservação da fauna, especialmente em áreas de produção intensiva, ao oferecer habitats naturais para aves e mamíferos, além de promover a conectividade entre os fragmentos florestais, o que é crucial para a conservação da biodiversidade (Sartorelli, 2014).

Entretanto, os fragmentos florestais estão sujeitos a modificações devido a ações bióticas e abióticas. As ações bióticas podem levar à alteração ou até mesmo à eliminação das relações ecológicas naturais entre plantas, polinizadores e dispersores. Por sua vez, as ações abióticas, como a erosão e o assoreamento de cursos d'água, afetam a qualidade ambiental e os recursos hídricos. Essas alterações ocorrem devido à redução da capacidade do solo de reter água, ao aumento da velocidade do escoamento e à maior evapotranspiração (Murcia, 1995; Borges et al., 2004).

2.2.8 Redução da pressão por novas áreas

Ao promover um uso mais intensivo e sustentável da terra, pode reduzir a pressão por novas áreas agrícolas, contribuindo para a conservação de florestas e ecossistemas naturais, que são cruciais para a manutenção da biodiversidade (MACEDO, 2013). A redução da pressão sobre áreas naturais aumenta a produtividade por hectare e diversificar as atividades produtivas, a ILPF reduz a pressão sobre áreas de vegetação nativa e ecossistemas naturais. Isso acontece porque o sistema torna a produção agropecuária mais eficiente e sustentável, evitando a necessidade de desmatamento de novas áreas para expansão agrícola.

2.2.9 Preservação dos recursos hidrológicos

No que tange à segurança hídrica, o sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) contribui significativamente para a proteção das nascentes, por meio da manutenção e/ou recuperação da mata ciliar, além de reduzir a necessidade de irrigação e a perda de solo devido à lixiviação. Esse sistema também promove a diversificação da produção, aumenta a produtividade da terra e melhora tanto a

renda quanto a qualidade de vida dos agricultores (Coutinho et al., 2013; Araújo Filho et al., 2006).

A presença de árvores e a cobertura do solo proporcionada pelas pastagens e culturas agrícolas desempenham um papel essencial na redução do escoamento superficial e da erosão, diminuindo a degradação do solo e a contaminação dos corpos d'água com sedimentos. O sombreamento das árvores ajuda a reduzir a evapotranspiração, o que mantém a umidade do solo e favorece a recarga de aquíferos. Além disso, a serapilheira atua como um isolante térmico, melhorando as condições térmicas nas camadas mais profundas do solo. Sua capacidade de retenção de água também contribui para mitigar os efeitos da erosão, funcionando como um filtro e uma esponja, permitindo que a umidade proveniente da atmosfera se infiltre de maneira mais eficiente no solo (Molchanov, 1963; Santos, 1989).

Adicionalmente, o ILPF protege o solo ao reduzir a erosão e a degradação, graças à presença de diferentes tipos de vegetação que ajudam a cobrir o solo e prevenir o escoamento superficial. A rotação de culturas, juntamente com a presença de árvores, melhora a estrutura do solo, aumentando sua capacidade de retenção de água e promovendo a formação de matéria orgânica, que é essencial para a fertilidade e estabilidade do solo (Macedo, 2009; Balbino et al., 2011).

2.3 COMPONENTE ÁRBOREO

2.3.1 Qualidade do pasto

O valor nutritivo das forrageiras é fortemente influenciado pela presença de árvores em sistemas agrossilvipastoris, principalmente devido às adaptações morfofisiológicas das plantas forrageiras. Em condições de sombreamento moderado, por exemplo, é possível observar um aumento no teor de nitrogênio nas folhas, o que contribui para um incremento no teor proteico da forragem (Paciullo et al., 2007; Sousa, 2007).

Pesquisas realizadas por Baccari Júnior (2001) indicam que, em regiões de clima quente, vacas com acesso à sombra durante as horas mais quentes do verão podem produzir até 25% mais leite do que aquelas expostas diretamente ao sol. Esse fato destaca a importância das árvores na produtividade e na qualidade nutritiva das forrageiras, com os efeitos variando conforme o tipo de arranjo e as espécies arbóreas utilizadas, o grau de sombreamento e a capacidade das

forrageiras de se adaptarem à sombra (Paciullo et al., 2008; Oliveira et al., 2007; Castro et al., 2010).

Além disso, a presença de árvores nas pastagens pode ser benéfica para a manutenção de forragem verde durante o inverno, ajudando na produção de alimentos para o gado durante a estação mais fria (Gatiboni et al., 2000).

2.3.2 Fixação de carbono

A produção integrada, que inclui sistemas silvipastoris (Integração Pecuária-Floresta, IPF) e silviagrícolas (Integração Lavoura-Floresta, ILF), possui um alto potencial de conservação e sequestro de carbono devido à interação entre culturas, pastagens, árvores e solo (Nair, 1998). Esses sistemas agroflorestais têm um impacto direto e de curto prazo na capacidade de armazenamento de carbono em árvores e solos, além de possuírem um potencial significativo para compensar emissões de gases de efeito estufa resultantes de práticas como desmatamento e agricultura itinerante (Dixon, 1995; Nair & Nair, 2003).

Adicionalmente, as pastagens com árvores contribuem para a fixação de carbono tanto no solo quanto na biomassa. Esse processo ajuda a reduzir a emissão de óxido nitroso e a mitigar a produção de metano pelos ruminantes, colaborando para a diminuição do aquecimento global (Rodrigues et al., 2013). A serapilheira, que é composta por material orgânico em diferentes estágios de decomposição, também desempenha um papel importante no solo. Ela pode servir como uma fonte de energia para as espécies que dela se alimentam (Brun et al., 2001). Quando acumulada, a serapilheira aumenta a capacidade de troca catiônica (CTC) do solo, contribuindo para a melhoria de suas propriedades e qualidade (Garay et al., 2004).

2.3.3 Barreira contra ventos

As árvores em sistemas ILPF funcionam como barreiras naturais contra os ventos, diminuindo sua velocidade ao longo do terreno. Essas barreiras são especialmente úteis em regiões com ventos fortes e constantes, que podem causar danos às culturas e aumentar a evapotranspiração. A redução da velocidade do vento proporciona um microclima mais favorável para o desenvolvimento das plantas, com menos estresse causado pela desidratação.

Os dados coletados, especialmente no ILPF, corroboram a afirmação de Brenner (1996) sobre como a integração de espécies arbustivas ou arbóreas em

lavouras modifica o padrão dos ventos nas plantas em uma dimensão horizontal. Isso ocorre porque os elementos do ILPF interferem no fluxo de ar, devido à rugosidade da superfície (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002), resultando na redução da velocidade do vento (MARTINS; GUARNIERI; PEREIRA, 2008).

Ao diminuir a velocidade do vento, as árvores no ILPF também reduzem a taxa de evaporação da água do solo e das plantas, o que é especialmente benéfico em regiões secas. Sob uma nova ótica, a redução da velocidade do vento pode trazer vantagens para os setores agrícola e pecuário (como as pastagens), contribuindo para o aumento da produtividade e eficiência desses sistemas. Isso ocorre devido ao menor uso de água, que resulta da diminuição da evaporação do solo e da transpiração das plantas, além de causar menos danos físicos nas folhas (RIBASKY; MONTOYA; RODIGHIERI, 2001).

Ventos suaves geram o transporte de vapor d'água sobre as folhas, o que é favorável para as trocas gasosas e proporciona um resfriamento adicional (TAIZ; ZEIGER, 2004).

2.3.4 Diminuição da radiação solar

A adição de áreas arborizadas em locais de pastagem resulta na diminuição da radiação solar que incide sobre as gramíneas, o que pode levar à redução da temperatura e ao aumento da umidade do ar, além de diminuir a taxa de evapotranspiração das forrageiras (Bernardino; Garcia, 2009). Essa mudança no microclima está associada às características morfológicas e à densidade das árvores presentes (Schumacher; Poggiani, 1993).

Segundo Karvatte Junior et al. (2016), a presença de árvores causa modificações no microclima, principalmente no que se refere ao bloqueio da radiação solar, resultando em temperaturas mais baixas do ar e do globo negro, além do aumento da umidade relativa à sombra. A presença de árvores causa modificações nos padrões térmicos e na umidade relativa do ar (Barbosa et al., 2015), sendo que o sombreamento proporcionado é uma proteção contra a radiação solar (Oliveira et al., 2017).

A interação entre temperatura, umidade, radiação solar e velocidade do vento afeta o bem-estar dos animais (Oliveira et al., 2017; Souza et al., 2010), assim como o crescimento das plantas (Carlesso, 2007).

2.4 BEM ESTAR ANIMAL

O bem-estar animal, especialmente em sistemas de pastagem, é profundamente influenciado por condições ambientais, entre elas o conforto térmico, a estabilidade social dos animais, o aumento do ganho de peso e a redução dos ciclos de patógenos. No contexto das pastagens no Brasil, especialmente na região Central, as condições climáticas entre os meses de outubro e março geram estresse térmico, que pode ser severo e afetar diretamente o bem-estar dos bovinos (Porfírio da Silva, 2003). A ambiência, que envolve a interação entre as variáveis climáticas e as estruturas presentes no ambiente, desempenha um papel fundamental na definição do conforto dos animais (Alves et al., 2019). Em ambientes com altas temperaturas, os animais precisam de adaptações fisiológicas e comportamentais para dissipar o calor acumulado ao longo do dia. De acordo com Gaughan et al. (2008), os bovinos podem acumular calor durante o dia e dissipá-lo à noite, mas se não houver tempo suficiente para a liberação desse calor, o animal pode começar o dia seguinte com o calor residual do dia anterior. Animais com alta taxa metabólica são particularmente vulneráveis ao estresse térmico (Medeiros & Vieira, 1997).

Nesse sentido, a presença de árvores nas pastagens tem sido associada a melhorias significativas nas condições de conforto térmico. Estudos indicam que a sombra natural proporcionada pelas árvores ajuda a reduzir a incidência de radiação solar direta, o que impacta positivamente o balanço energético do ambiente e resulta em temperaturas mais amenas e maior umidade do ar, criando um microclima favorável ao bem-estar animal (Oliveira et al., 2017; Karvattte et al., 2020, 2021). Além disso, o componente arbóreo contribui para a diminuição da velocidade do vento, o que reduz a variação de temperatura ao longo do dia, beneficiando ainda mais o conforto dos bovinos, especialmente nas regiões mais quentes (Bueno, 1998; Souza et al., 2010; Baliscei, 2011). A estabilização do conforto térmico nas pastagens é essencial, pois, em ambientes sem sombra, comportamentos como o aumento da movimentação dos animais, alterações nos horários de pastagem, aglomeração e descanso excessivo podem ser sinais de estresse térmico (Pires et al., 2010).

A presença de árvores também influencia a estabilidade da hierarquia social entre os bovinos, sendo que, em sistemas silvipastoris, observou-se uma redução significativa no comportamento agonístico, como lutas e disputas, o que resulta em

uma maior estabilidade da hierarquia de dominância (Améndola et al., 2016). Essa melhoria no comportamento social pode ser atribuída ao efeito da sombra no controle da temperatura corporal dos animais, que reduz a necessidade de dissipação de calor e, por consequência, a agressividade entre os indivíduos. A melhora no conforto térmico também favorece o aumento da qualidade da pastagem, o que, por sua vez, melhora a saúde dos animais e contribui para sua produtividade (Cameron et al., 1989).

Outro aspecto relevante do conforto térmico é seu impacto no ganho de peso dos bovinos. A melhoria nas condições ambientais, proporcionada pela sombra das árvores e pela redução da temperatura, favorece a produtividade e a reprodução dos animais, especialmente em regiões tropicais. A redução da temperatura e o aumento da umidade do ar tornam o ambiente mais favorável para o desenvolvimento dos ruminantes, aumentando o tempo dedicado à ruminação e à alimentação (Ferreira, 2010). Estudos demonstraram que o aumento da temperatura retal dos bovinos, resultante da exposição ao calor, está diretamente relacionado à diminuição do ganho de peso (Silva, 1973). A posição em que os animais se encontram também pode indicar o nível de desconforto térmico, refletindo os esforços para dissipar o calor acumulado, especialmente por convecção (Leme et al., 2005; Silva, 2008).

Além de promover um ambiente mais favorável para os animais, os sistemas integrados de lavoura-pecuária-floresta (ILPF) têm o potencial de melhorar as características do solo e quebrar ciclos de patógenos. A diversificação das atividades agrícolas e pecuárias nesses sistemas resulta em uma maior eficácia no uso de fertilizantes, na operação de máquinas e na força de trabalho, além de contribuir para o controle de pragas e doenças. A alternância entre culturas e pastagens nos sistemas ILPF pode reduzir a incidência de doenças, ao interromper o ciclo de desenvolvimento dos patógenos, favorecendo a saúde geral dos animais e o aumento da produtividade (Kichel & Miranda, 2001). Assim, a integração de árvores nas pastagens e o manejo adequado dos sistemas integrados não só melhoram o bem-estar animal, mas também proporcionam benefícios ambientais e produtivos substanciais.

2.5 DIVERSIFICAÇÃO DE RENDA

2.5.1 Variação de renda

Em consequência de uma pastagem mais vigorosa provida pelo sistema ILPF, que contribui para maior ganho de peso em bovinos ou maior produção leiteira, o componente florestal oferece ainda a possibilidade de gerar receita com a venda de produtos madeireiros e não madeireiros, obtidos no mesmo espaço, além de outros benefícios (Salton et al., 2015).

Estudos recentes demonstram a viabilidade econômica de sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), que incorporam o componente florestal, apresentando, em muitos casos, taxas de retorno elevadas. Esses sistemas surgem como estratégias eficazes para proteger a renda dos agricultores contra as flutuações de preços no mercado (Pacheco et al., 2013; Reis et al., 2015).

Entre os principais benefícios do ILPF está a diversificação da produção, o que permite que os produtores gerem receitas a partir de múltiplas fontes, como a venda de grãos, carne, leite, madeira e outros produtos florestais. Essa diversificação é essencial para reduzir a dependência de uma única atividade e para melhorar a estabilidade financeira da propriedade rural, especialmente em cenários de volatilidade de preços de commodities agrícolas.

2.5.2 Agregação de valor

Ao comparar dois sistemas integrados, silvipastoril (IPF) e agrossilvipastoril (ILPF), com o monocultivo de eucalipto para produção de carvão em Minas Gerais, Cordeiro (2010) alega que os sistemas integrados se mostraram economicamente viáveis, especialmente devido à agregação de valor da madeira para serraria em ambos os sistemas, em comparação ao uso exclusivo do eucalipto para carvão vegetal. Essa agregação de valor não se limita apenas à diversificação dos produtos florestais, mas também envolve a melhoria da qualidade do solo e o aumento da biodiversidade, características essenciais para a agroecologia.

No entanto, quando se fala de sustentabilidade e agroecologia na produção de carvão, é necessário considerar os impactos ambientais de tal prática. A produção de carvão, em sua forma convencional, pode resultar em desmatamento e degradação do solo, além de emissões significativas de gases de efeito estufa. A dependência exclusiva do monocultivo de eucalipto, por exemplo, pode levar a uma redução na biodiversidade e no equilíbrio ecológico da área. Nesse sentido, os sistemas integrados, como o IPF e o ILPF, oferecem uma alternativa mais sustentável ao incorporar práticas de manejo florestal responsável e ao promover o

uso múltiplo das árvores, como a produção de madeira para serraria, alimentos, fibras e até mesmo para a geração de energia, o que reduz a pressão sobre as florestas nativas e contribui para a mitigação das mudanças climáticas.

A integração de componentes agroflorestais em sistemas ILPF e IPF também pode resultar em maior eficiência no uso da terra, aproveitando o espaço para diferentes culturas e produção animal, o que pode diminuir a pressão sobre áreas agrícolas em monocultura. Além disso, o manejo sustentável desses sistemas possibilita a recuperação de solos degradados, contribui para a proteção da fauna e flora local, e reduz a necessidade de insumos externos, como fertilizantes e pesticidas, alinhando-se assim aos princípios da agroecologia, que buscam práticas mais sustentáveis e resilientes no longo prazo.

Dessa forma, a produção de carvão dentro de sistemas agroflorestais, como o ILPF, se alinha com a sustentabilidade ao integrar práticas que não apenas preservam o meio ambiente, mas também promovem o bem-estar social e econômico dos produtores, através da diversificação de fontes de renda e maior eficiência no uso dos recursos naturais.

2.5.3 Incentivos fiscais e linhas de crédito

Conforme citado por Vale (RedeILPF, 2019), a certificação do BPA ofereceu diversas vantagens: “Consegui abertura para financiamento junto ao Banco da Amazônia, preços diferenciados em compra de sal e venda do rebanho e uma segurança junto à sociedade de que atuo de maneira sustentável.” A venda de madeira proveniente de sistemas ILPF pode proporcionar uma importante fonte de renda adicional, especialmente em períodos de baixa na produção agrícola ou pecuária. A diversificação com árvores também pode atrair incentivos fiscais e financeiros relacionados à sustentabilidade e à preservação ambiental (Sartorelli, 2014).

Além das vantagens produtivas e ambientais, a adoção de sistemas de integração oferece o potencial para aumentar a renda dos produtores por meio de mecanismos de pagamento por serviços ambientais (PSA). Tais mecanismos incentivam práticas sustentáveis ao recompensar financeiramente os agricultores pela conservação ambiental, pelo sequestro de carbono e pela proteção da biodiversidade. Trabalhos mais recentes destacam a viabilidade econômica de sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), que incluem componentes

florestais, frequentemente resultando em altos índices de retorno. Esses sistemas se mostram como alternativas estratégicas para os agricultores, ajudando a proteger suas receitas contra as oscilações do mercado (PACHECO et al., 2013).

Diante da vasta oportunidade de mercado, tanto nacional quanto internacional, para a venda de madeira, a introdução de espécies arbóreas em áreas de pastagem poderia elevar significativamente o retorno econômico a longo prazo. Isso validaria o suporte de incentivos e subsídios a curto prazo para a implementação de pastagens aprimoradas, conforme mencionado por Macedo et al. (2010). O Programa ABC foi criado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) como uma linha de crédito no Plano Agrícola e Pecuário de 2010/2011, visando oferecer incentivos financeiros e apoio econômico aos produtores. Na modalidade "ABC Integração", o programa possibilita o financiamento de projetos voltados para a implementação e aprimoramento de sistemas de integração lavoura-pecuária, lavoura-floresta, pecuária-floresta, lavoura-pecuária-floresta, além de sistemas agroflorestais (BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO SOCIAL, 2013).

Esses sistemas de pagamento não apenas fortalecem o agronegócio nacional, ampliando sua competitividade e alcance no mercado internacional, mas também contribuem para a segurança alimentar e para a preservação ambiental ao reduzir a pressão sobre ecossistemas naturais (VILELA et al., 2012). O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), previsto pelo Protocolo de Quioto, permite que países desenvolvidos cumpram suas metas de redução de gases de efeito estufa (GEE) ao investir em projetos de redução de emissões em países em desenvolvimento. Esses projetos utilizam tecnologias limpas e eficientes, gerando "créditos de carbono" (Reduções Certificadas de Emissão, RCEs) que podem ser comprados por países desenvolvidos para compensar suas emissões de GEE (Conceição, 2016).

Além de contribuir para as metas globais de redução de emissões, o MDL apoia o desenvolvimento sustentável nos países onde os projetos são implementados. Instrumentos que gerem renda adicional para o produtor, como o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), podem ser incentivos importantes para adotar práticas agrícolas de baixa emissão de gases de efeito estufa (GEE), além de melhorar a qualidade do solo e da água e proteger áreas ambientais. Com a possibilidade de retorno financeiro, o produtor tem mais motivação para implementar

essas práticas, agregando valor à sua produção e contribuindo para a sustentabilidade (Conceição, 2016).

2.5.4 Redução de custos

Macedo et al. (2001) demonstraram que o sistema misto de Integração Lavoura-Pecuária (ILP) traz ganhos em eficiência agrônômica e econômica, proporcionando aumento na produtividade e redução nos custos. Outros estudos, como os de Costa e Macedo (2001), também evidenciam a viabilidade econômica dos sistemas ILP por meio de indicadores financeiros positivos. Os benefícios econômicos da Integração Lavoura-Pecuária (ILP) estão associados à capacidade de ampliar a oferta, reduzindo os custos de produção por unidade. Essa redução de custos é resultado da maximização do potencial produtivo do sistema, que pode ocorrer devido ao aumento da matéria orgânica do solo e à melhoria na capacidade de armazenamento de água e nutrientes, mantendo o uso de insumos em níveis constantes.

Além disso, a ILPF proporciona uma utilização mais eficiente de fertilizantes e diminui a necessidade de agroquímicos, pois interfere no ciclo de pragas, doenças e ervas daninhas (VILELA et al., 2012). A adoção dos sistemas de ILPF é uma estratégia promissora que equilibra a intensificação produtiva com a sustentabilidade ambiental. Esses sistemas se destacam por sua capacidade de mitigar emissões de GEE, promover o sequestro de carbono e reduzir o uso de insumos químicos, criando um modelo de produção mais sustentável e resiliente.

A implementação da ILPF contribui para que o Brasil cumpra suas metas de redução de emissões, incentivadas pelo Plano ABC, enquanto promove um agronegócio mais rentável e responsável. Portanto, políticas que apoiem a expansão e o financiamento dos sistemas de ILPF, bem como a implementação de programas de PSA, são essenciais para consolidar esses benefícios e transformar o setor agrícola em um modelo de economia de baixa emissão de carbono.

2.5.5 Participação na renda

Com a expectativa de que o consumo mundial de madeira em toras aumente cerca de 45% até 2030 em comparação a 2005, atingindo aproximadamente 2,44 milhões de m³ (FAO, 2009), o Brasil poderia atender parte dessa demanda com o cultivo de árvores em pastagens de baixa produtividade no Cerrado, que totalizam

mais de 30 milhões de hectares. A arborização dessas áreas, combinada com o cultivo de grãos em sistemas integrados com componente florestal, oferece uma alternativa viável para reduzir custos relacionados à correção da fertilidade do solo e ao plantio de árvores (Vilela et al., 2012).

Além dessas vantagens, a ILPF também conta com o crédito de carbono, uma ferramenta financeira criada para mitigar os impactos das mudanças climáticas. Ele representa a redução de uma tonelada de dióxido de carbono (CO₂) ou de gases de efeito estufa equivalente (GEE) na atmosfera. O mercado de créditos de carbono tem como objetivo incentivar práticas que contribuam para a redução dessas emissões, proporcionando uma compensação financeira para quem adota ações de preservação ou redução de carbono (Alves et al., 2020). Os créditos de carbono gerados pelo sistema ILPF podem ser comercializados no mercado de carbono. A verificação e certificação desses créditos são feitas por organismos independentes, que asseguram que a redução de emissões ou o sequestro de carbono é real e mensurável.

Conforme afirma Jung et al. (2022), o mercado voluntário de carbono, onde produtores podem vender seus créditos, tem crescido de forma considerável, especialmente em países como o Brasil, que possuem grandes áreas agrícolas que podem ser convertidas para sistemas de ILPF. Isso não apenas beneficia o meio ambiente, mas também oferece uma fonte adicional de receita para os produtores rurais.

Segundo Balbino et al. (2011), o ILPF representa um sistema produtivo diversificado, integrando a produção de alimentos, fibras, energia e produtos florestais, sejam madeireiros ou não, de origem vegetal e animal. Esse sistema busca otimizar os ciclos biológicos das plantas, dos animais e dos insumos, além de aproveitar seus resíduos, promovendo uma produção mais sustentável. Sistemas integrados são caracterizados por complexas inter-relações entre práticas de mitigação e adaptação às mudanças climáticas.

A inclusão de árvores nos sistemas integrados (como IPF, ILF e ILPF) pode envolver a agricultura apenas na fase inicial de implantação do componente florestal ou ser mantida por vários anos, enquanto o componente pecuário é geralmente o que permanece até a fase final de desenvolvimento das árvores (Balbino et al., 2012).

De acordo com Lasco et al. (2014), as agroflorestas e a presença de árvores nas propriedades rurais desempenham um papel fundamental ao fornecer diversos serviços ecossistêmicos essenciais para a sustentabilidade agrícola. Entre esses serviços, destaca-se a conservação da água, que contribui para a manutenção dos recursos hídricos e a regulação do ciclo hidrológico. Além disso, a presença de árvores favorece a melhoria das condições microclimáticas, proporcionando um ambiente mais favorável para o crescimento das culturas. As árvores também desempenham um papel importante no aumento da produtividade do solo, por meio da ciclagem de nutrientes e da conservação da sua estrutura e fertilidade. Outro benefício relevante é o controle de pragas e doenças, uma vez que as árvores podem atuar como barreiras naturais, reduzindo a incidência desses problemas. Esses serviços são cruciais para sustentar a produção agrícola e fortalecer a capacidade dos agricultores de lidar com os desafios impostos pelas mudanças climáticas.

Há várias espécies de árvores que podem ser consideradas para o ILPF (Oliveira-Neto; Paiva, 2010; Oliveira-Neto et al., 2010; Melotto et al., 2012). A seleção da espécie ideal depende claramente dos objetivos de produção, de uma análise de mercado minuciosa (incluindo riscos e oportunidades), das propriedades da árvore e de sua interação com os demais elementos do sistema (como as práticas agrícolas, pastagens e os animais) (Porfírio et al., 2009). Quanto aos objetivos, estes podem incluir a produção de bens madeiráveis (como celulose, carvão, cruzetas, dormentes, escoras, estruturas para construção civil, esquadrias, lenha, móveis, mourões, palanques, pisos, postes, entre outros) ou não madeiráveis (resinas, látex, frutos, mel, castanhas ou taninos) (Oliveira-Neto; Paiva, 2010; Oliveira-Neto et al., 2010; Melotto et al., 2012).

Segundo Oliveira-Neto et al. (2006), a escolha das espécies arbóreas deve ser embasada em uma investigação de mercado para identificar produtos potenciais. Assim, é importante ter um bom entendimento do mercado, seja ele local, regional ou voltado para exportação. Fatores como demanda de escala e padrões de qualidade são igualmente essenciais. É amplamente aceito que produtos mais sofisticados geram um melhor retorno financeiro. Contudo, para aumentar o valor agregado dos produtos, são indispensáveis investimentos e formação técnica.

Algumas qualidades são desejáveis nas árvores a serem cultivadas em sistemas ILPF. Dentre elas, destacam-se: altura do fuste, copa menos densa,

crescimento veloz, capacidade de fornecer nitrogênio e nutrientes ao pasto, adaptação ao ambiente e resistência a estresses bióticos e abióticos, além de não provocar efeitos tóxicos nos animais, oferecer sombra e abrigo, e ajudar no controle da erosão (Nicodemo et al., 2004). Portanto, modelos que utilizam espécies comerciais, de crescimento rápido e que conseguem fixar nitrogênio parecem ser os mais apropriados, pois desempenham funções produtivas e de proteção (Nicodemo et al., 2004).

2.6 REDUÇÃO DO USO DE AGROQUÍMICOS

2.6.1 Controle natural de pragas

O sombreamento proporcionado pelo componente florestal no ILPF contribui para a redução de surtos de pragas, pois modifica as condições ambientais e dificulta o desenvolvimento de insetos nocivos (Souza, 2014). Nesse sistema, observa-se uma diminuição significativa no surgimento de pragas devido ao aumento da presença de predadores naturais, favorecidos pela diversidade de espécies no ambiente de produção. A alternância entre plantações e pastagens também leva a uma redução na incidência de certas doenças, pois interrompe os ciclos de desenvolvimento de agentes patogênicos.

A redução no uso de defensivos agrícolas, resultante da interrupção dos ciclos de pragas, doenças e ervas daninhas, representa um benefício ambiental significativo nos sistemas mistos, como o ILPF. A literatura, tanto nacional quanto internacional, aponta ainda a diminuição da população de plantas daninhas como um dos benefícios do ILPF (KLUTHCOUSKI et al., 2000; SEVERINO, 2006). Ikeda et al. (2007) observaram uma queda expressiva nos bancos de sementes de plantas daninhas em um sistema de rotação entre lavoura e pastagem, em comparação ao cultivo contínuo, especialmente com a implementação do Sistema de Plantio Direto (SPD).

Outro benefício ambiental importante dos sistemas mistos, como o ILPF, é a diminuição no uso de agroquímicos, resultante da interrupção dos ciclos de pragas, doenças e plantas daninhas. Além disso, há uma redução de até 50% na permanência de alguns inseticidas no solo em sistemas integrados, especialmente no ILPF, quando comparados aos métodos convencionais (KLUTHCOUSKI; SALTON et al., 2015; VILELA et al., 2008).

2.6.2 Diminuição do uso de fertilizantes

A Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) apresenta um aspecto técnico importante: a maximização do efeito residual da fertilização aplicada nas culturas de grãos por meio das pastagens. A prática de rotação de culturas, incluindo plantas com alta capacidade de extração de fósforo, como as braquiárias, pode resultar em uma recuperação de fósforo no solo até 69% maior em comparação com sistemas que utilizam apenas culturas anuais (SOUSA et al., 2007). Esse aumento na eficiência é atribuído à estrutura das raízes, à densidade dos pelos radiculares e à simbiose com fungos micorrízicos, os quais aumentam a absorção de nutrientes de baixa mobilidade na solução do solo — notadamente o fósforo — devido à exploração de um volume maior de solo, à solubilização de fosfatos orgânicos pelas enzimas fosfatases produzidas pelas hifas e à mobilização de fósforo inorgânico (YAO et al., 2001).

Além disso, diversos estudos demonstram que o ILPF pode promover aumentos significativos na produtividade e na saúde do solo. Em um estudo realizado por Costa et al. (2018), foi observada uma redução de até 30% na necessidade de fertilizantes químicos em áreas de ILPF, com uma recuperação significativa da fertilidade do solo, especialmente em regiões que utilizam pastagens de braquiária e espécies arbóreas como o eucalipto e a seringueira. Essa redução no uso de fertilizantes também foi destacada em pesquisa de Lima et al. (2019), que comparou áreas de pastagem convencional e ILPF, constatando um aumento de 25% na eficiência de absorção de nutrientes devido ao manejo integrado de pastagens e culturas agrícolas. Tais resultados reforçam o potencial do ILPF para otimizar a utilização de insumos e promover uma agricultura mais sustentável.

A presença de pastagens e florestas no sistema ILPF também contribui para a manutenção de uma cobertura vegetal permanente, que suprime o crescimento de plantas daninhas e diminui a necessidade de herbicidas. O sombreamento proporcionado pelas árvores reduz a proliferação de ervas invasoras, minimizando a competição com as culturas e otimizando a eficiência do uso dos recursos naturais. Em termos de pastagens, além das braquiárias, outras espécies como a *Panicum maximum* e a *Cynodon dactylon* são amplamente utilizadas, pois apresentam boa adaptação e produtividade em sistemas integrados. No componente florestal, as espécies de eucalipto, seringueira e outras árvores nativas têm sido adotadas em

diversos modelos ILPF, variando de acordo com as necessidades de recuperação de áreas degradadas e objetivos de produção, como madeira ou sequestro de carbono.

A redução do uso de agroquímicos no sistema ILPF reflete a integração inteligente de diferentes atividades produtivas, promovendo o equilíbrio ecológico e o controle natural de pragas, doenças e ervas daninhas. A diversificação de culturas, o manejo adequado das pastagens e a presença de árvores no sistema resultam em uma menor necessidade de insumos químicos, elevando a sustentabilidade e reduzindo os impactos ambientais do sistema.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 PROCEDIMENTOS TÉCNICOS

3.1.1 Da coleta de dados

Os procedimentos técnicos de coleta de dados para esta pesquisa envolveram, primordialmente, a utilização da pesquisa documental como metodologia base. A pesquisa documental foi direcionada à análise de materiais já existentes sobre o sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) e sua aplicação em contextos locais similares ao estudado. Este tipo de procedimento é fundamental, pois permite uma compreensão aprofundada e detalhada dos impactos do ILPF a partir de dados e registros previamente documentados em estudos científicos, relatórios institucionais, teses, dissertações e publicações governamentais.

Primeiramente, foi realizada uma seleção criteriosa de documentos que abordem as variáveis ambientais, econômicas e sociais relacionadas à implantação do sistema ILPF. Para isso, fontes secundárias serão consultadas, incluindo bases de dados acadêmicas reconhecidas, como a Scielo, Google Scholar e Periódicos CAPES, buscando artigos científicos, estudos de caso, e relatórios técnicos que apresentem dados relevantes sobre os efeitos do ILPF em aspectos como qualidade do solo, aumento de produtividade, mitigação das emissões de gases de efeito estufa, retorno econômico e benefícios socioambientais.

Além de estudos acadêmicos, foram analisados documentos emitidos por órgãos governamentais e organizações não-governamentais especializadas na implementação de práticas sustentáveis no agronegócio brasileiro. Esses documentos, como os relatórios do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e publicações do Programa ABC (Agricultura de Baixo Carbono), fornecem dados históricos, informações sobre políticas de incentivo, e indicadores econômicos que ajudam a contextualizar a viabilidade e os benefícios econômicos da adoção do ILPF.

A análise documental foi sistematizada por meio de fichamentos, nos quais registramos os dados mais relevantes de cada documento. Esses registros foram categorizados conforme os principais eixos de análise da pesquisa — impacto ambiental, social e econômico — o que facilitou a comparação entre os dados documentais e os dados empíricos obtidos posteriormente. As informações coletadas também foram submetidas a uma análise qualitativa, com o intuito de identificar padrões, divergências e lacunas existentes nas fontes, permitindo que se compreenda não apenas os resultados do ILPF, mas também as percepções e desafios de sua implantação no cenário agrícola brasileiro.

Esse procedimento técnico, que visa a triangulação das informações documentais, é indispensável para a validação e para a profundidade da análise dos dados, garantindo que os resultados obtidos estejam embasados em uma ampla gama de referências que corroboram as conclusões desta pesquisa sobre a influência do sistema ILPF no local de implantação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em conclusão, os benefícios da adoção do Sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) no local de implantação são evidentes, com impactos positivos diretos na produtividade agrícola e pecuária. A análise dos dados demonstra que o ILPF contribui significativamente para a melhoria da qualidade do solo, ao promover sua recuperação e preservação, além de reduzir o uso de insumos químicos e contribuir para o controle de pragas e doenças, o que reflete na diminuição dos custos de produção e no aumento da rentabilidade dos produtores.

Do ponto de vista ambiental, o sistema ILPF proporciona benefícios substanciais, como a captura de carbono e a redução das emissões de gases de efeito estufa, o que colabora para a mitigação das mudanças climáticas. A integração das práticas agrícolas com a preservação dos recursos naturais e a conservação da biodiversidade contribui diretamente para a sustentabilidade e o equilíbrio entre a produção agrícola e os ecossistemas locais.

O ILPF, portanto, atende aos objetivos da pesquisa ao mostrar sua contribuição para a sustentabilidade, a mitigação das mudanças climáticas e o equilíbrio entre a produção e a conservação ambiental. Esse modelo integra a ecoeficiência e a sustentabilidade ao progresso econômico, gerando um impacto positivo não apenas para os produtores locais, mas também para os mercados nacional e internacional, instituições de pesquisa e órgãos públicos. Assim, o sistema ILPF se configura como uma alternativa eficaz para a evolução do setor agrícola no Brasil e serve como referência para práticas agrícolas sustentáveis a nível global.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, R. G.; OLIVEIRA, P. P. A.; MACEDO, M. C. M.; PEZZOPANE, J. R. M. **Recuperação de pastagens degradadas e impactos da pecuária na emissão de gases de efeito estufa.** In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE MELHORAMENTO DE FORRAGEIRAS, 3., 2011, Bonito, MS. Anais... Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2011. p. 384-400.

ALVARENGA, R. C.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; GONTIJO NETO, M. M.; VIANA, M. C. M.; VILELA, L. **Sistema Integração Lavoura-Pecuária-Floresta: condicionamento do solo e intensificação da produção de lavouras.** *Informe Agropecuário*, v. 31, n. 257, p. 1-9, 2010.

Alves, F. (2020). **O papel das arvores no sistema ILPF para o sequestro de carbono e aumento da produtividade.** *Revista Brasileira de Agroecologia*, 15(2), 123-135

ALVES, F. V.; NICODEMO, M. L. F.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V. **Bem-estar animal em Sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta.** In: CORDEIRO, L. A. M.; VILELA, L.; KLUTHCOUSKI, J.; MARCHÃO, R. L. (Ed.). **Integração Lavoura Pecuária-Floresta: o produtor pergunta, a Embrapa responde.** Brasília, DF: Embrapa, 2015. p. 274-287. (Coleção 500 Perguntas, 500 Respostas).

AMADO, T. J. C.; MIELNICZUCK, J. **Plantio direto e rotação de culturas com leguminosas – uma excelente combinação para promover o incremento da capacidade produtiva do solo.** *Revista Plantio Direto*, v. 50, p. 23-27, 1999.

Amado, T.J.C., Bayer, C., Eltz, F.L.F., Brum, A.C.R. 2001. **Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental.** *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, 25, 189-197.

AMÉNDOLA, L.; SOLORIO, F. J.; KU-VERA, J. C.; AMÉNDOLA MASSIOTTI, R. D.; ZARZA, H.; GALINDO, F. **Social behaviour of cattle in tropical silvopastoral and monoculture systems.** *Animal*, 10(5), 863-867. 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/S1751731115002475>

BALBINO, L. C., BARCELLOS, A. O., & STONE, L. F. (2011). **Integração lavoura-pecuária-floresta: inovação com sustentabilidade na agricultura brasileira.** Brasília, DF: Embrapa.

BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; PAVINATO, A.; DIECKOW, J. **Carbon sequestration in two Brazilian Cerrado soils under no-till.** *Soil & Tillage Research*, v. 86, p. 237-245, 2006.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. **Dinâmica e função da matéria.** In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. (eds.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais**, Genesis, p. 9-26. 1999.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. **Fundamentos da matéria orgânica do solo**. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. **Ecosistemas tropicais e subtropicais**. 2. ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 7-18.

BERNARDINO, F. S.; GARCIA, R. **Sistemas silvipastoris**. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 60,. p. 77-87, 2009. Edição especial.

BRASIL. Decreto nº 7.390, de 9 de dezembro de 2010. **Regulamenta os arts. 6º, 11 e 12 da Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009, que institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC, e dá outras providências**. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 10 dez. 2010a. Seção 1, p. 4.

BRASIL. Lei nº 12.805, de 29 de abril de 2013. **Institui a Política Nacional de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta e altera a Lei nº 8.171, de 17 de janeiro de 1991**. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 30 abr. 2013. Seção 1, p. 1.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura: Plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono)**. Brasília, DF: ACS-Mapa, 2012. 172 p.

BRASIL. **Plano Setorial para Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura: Plano ABC+**. 2020-2030. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br>. Acesso em: 14 nov. 2024.

CARVALHO, P. C. F., ANGHINONI, I., & MORAES, A. (2010). **Sistemas de integração lavoura-pecuária no Brasil: Estratégias de intensificação sustentável**. Porto Alegre: Editora UFRGS.

CARVALHO, J. M. et al. Desempenho de sistemas integrados de produção agropecuária e suas implicações para a agricultura sustentável. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 12, n. 1, p. 45-56, 2017.

CASTRO, G.C. **Carbono orgânico nas frações granulométricas e húmicas em solos de diferentes texturas sob floresta da região noroeste mato-grossense**. Cuiabá, 2008. 45 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) – Faculdade de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2008.

CHAVES, VALFREDO ALMEIDA. **Influência do manejo do sistema solo-planta-animal nas emissões de gases de efeito estufa de pastagens do Pará.** Disponível em: <http://ri.ufmt.br/handle/1/617>

COELHO, FLÁVIO DE AGUIAR. **Conforto térmico e comportamento de novilhos machos nelore em sistemas em integração lavoura-pecuária-floresta.** Disponível em: <https://repositorio.ufms.br/handle/123456789/3979>

CONCEIÇÃO, M. C. G. da. **Uso de indicadores geoquímicos para avaliação da sustentabilidade ambiental em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Mato Grosso, Brasil.** Niterói: [s.n.], 2016.

CONCEIÇÃO, MARCELA CARDOSO GUILLES DA. **Uso de indicadores geoquímicos para avaliação da sustentabilidade ambiental em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Mato Grosso, Brasil.** Disponível em: <https://app.uff.br/riuff/handle/1/3172>

CORDEIRO, L. A. M.; BALBINO, L. C.; GALERANI, P. R.; DOMIT, L. A.; SILVA, P. C.; KLUTHCOUSKI, J.; VILELA, L.; MARCHÃO, R. L.; SKORUPA, L. A.; WRUCK, F. J. **Transferência de Tecnologias para Adoção da Estratégia de Integração Lavoura-Pecuária Floresta.** Brasília, DF: Embrapa, 2015. p. 377-393. (Coleção 500 Perguntas, 500 Respostas).

DE MORAES, A., CARVALHO, P. C. F., & LUSTOSA, S. B. (2014). **Integração Lavoura-Pecuária-Floresta no Sul do Brasil: Impactos e desafios.** Porto Alegre: Editora UFRGS.

DIXON, R.K. **Agroforestry systems: sources or sinks of greenhouse gases?** *Agroforestry Systems*, v. 31, p. 99–116, 1995.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **ILPF – Integração Lavoura-Pecuária-Floresta: o que é e seus benefícios.** Brasília, DF, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/tema-ilpf>. Acesso em: 14 nov. 2024.

EMBRAPA. **Fazenda Don Aro é referência em integração lavoura-pecuária-floresta em Rondônia.** Embrapa Notícias, Brasília, 23 out. 2014. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/18930712/fazenda-don-aro-e-referencia-em-integracao-lavoura-pecuaria-floresta-em-rondonia>. Acesso em: 10 nov. 2024.

FARIA, CLÁUDIO MIGUEL ALVES DE. **Integração lavoura, pecuária e floresta como alternativa para recuperação de pastagens degradadas na região de Bambuí-MG.** Disponível em: <http://locus.ufv.br/handle/123456789/1204>

FERREIRA, R. D., OLIVEIRA, P. S., & VILELA, L. (2015). **Benefícios econômicos e ecológicos da integração lavoura-pecuária-floresta.** Pesquisa Agropecuária Brasileira.

GARAY, I., KINDEL, A., CARNEIRO, R., FRANCO, A.A., BARROS, E., ABBADIE, L. 2003. **Comparação da matéria orgânica e de outros atributos do solo entre**

plantações de Acacia mangium e Eucalyptus grandis. Revista Brasileira de Ciências do Solo, 27, 705-712.

GOMES, H. B., & CARDOSO, A. L. (2015). **A criação de novas cadeias de valor no ILPF.** Embrapa Cerrados.

GUIMARÃES, LUANNA ELIS. **Biomassa acumulada, nutrientes, radiação solar e produtividade em um sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) no Cerrado central.** Disponível em: <http://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/5647>

HERRICK, J. **Soil quality: an indicator of sustainable land management?** Applied Soil Ecology, v. 15, p. 75-83, 2000.

IKEDA, F. S.; MITJA, D.; VILELA, L.; CARMONA, R. **Banco de sementes no solo em sistemas de cultivo lavoura-pastagem.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 42, p. 1545-1551, 2007

IPCC, Summary for Policymakers. In: Climate Change 2013: **The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change** [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

JUNG, M. (2022). **Mercado de carbono e a sustentabilidade na agricultura: O papel da ILPF.** Journal of Environmental Economics, 18(1), 45-59.

KARVATTE JR. N.; MIYAGI, E. S.; DE OLIVEIRA, C. C.; BARRETO, C. D.; MASTELARO, A. P.; BUNGENSTAB, D. J.; ALVES, F. V. **Infrared thermography for microclimate assessment in agroforestry systems.** Science of The Total Environment, 731, 139252. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139252>

KICHEL, A. N. et al. **Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta e o progresso do setor agropecuário brasileiro.** In: BUNGENSTAB, D. J. (Org.). **Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta: a produção sustentável.** 2. ed. – Brasília: Embrapa, 2012. p. 1-10.

KICHEL, A. N., AGIOVA DA COSTA, J. A., & ALMEIDA, R. G. (2014). **Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) - Experiências no Brasil.** EMBRAPA Gado de Corte, Campo Grande, MS, Brasil. Artigo apresentado no IV Encontro Científico de Produção Animal Sustentável, 04/10/2013.

KLUTHCOUSKI, J.; CORDEIRO, L. A. M.; MARCHÃO, R. L. **Potencial para adoção da estratégia de integração Lavoura-Pecuária-Floresta para o uso sustentável de solos arenosos.** In: CORDEIRO, L. A. M.; VILELA, L.; KLUTHCOUSKI, J.; MARCHÃO, R. L. (Ed.). **Integração Lavoura-Pecuária-Floresta: o produtor pergunta, a Embrapa responde.** Brasília, DF: Embrapa, 2015b. p. 319-331. (Coleção 500 Perguntas, 500 Respostas).

KLUTHCOUSKI, J.; PACHECO, A. R.; TEIXEIRA, S. M.; OLIVEIRA, E. T. de. **Renovação de pastagem do cerrado com arroz. 1 – Sistema Barreirão**. Goiânia: Embrapa-CNPAP, 1991. 20 p. (CNPAP. Documentos, 33)

LAL, R. **Laws of sustainable soil management**. In: LICHTFOUSE, E.; NAVARRETE, M.; DEBAEKE, P.; SOUCHÈRE, V.; ALBEROLA, C. (Ed). **Sustainable Agriculture**. London: Springer; France: EDP Sciences, 2009a. p. 9-12

LAL, R. **Soil carbon dynamics in cropland and rangeland**. *Environmental pollution*, v. 116, p. 353-362, 2002.

LASCO, R.; DELFINO, R. J. P.; ESPALDON, M. L. **Agroforestry systems: helping smallholders adapt to climate risks while mitigating climate change**. *ClimateChange*, v. 5, n. 6, p. 825-833, em.: 2014.

LAZZAROTTO, J. J.; SANTOS, M. L.; LIMA, J. E.; MORAES, A. **Volatilidade dos retornos econômicos associados à integração lavoura-pecuária no Estado do Paraná**. *Revista de Economia e Agronegócio*, v. 7, p. 259-283, 2009

LAZZAROTTO, J.J.; DOS SANTOS, M.L.; DE LIMA, J.E.; MORAES, A. **Volatilidade dos retornos econômicos associados à integração lavoura-pecuária no Estado do Paraná**. *Revista Economia Agrônômica*, v. 7, p. 259–283, 2009.

LI, Y.L. et al. **A study on the soil carbon storage of some land use types in Heshan, Guangdong, China**. *Journal Mountain Science*, v. 20, n. 5, p. 548–552, 2002.

LIMA, DANIELA DE. **Análise da paisagem no entorno de propriedade com sistema de integração lavoura-floresta no cerrado goiano**. Disponível em: <http://ri.ufmt.br/handle/1/4260>

LUPWAYI, N.Z., KENNEDY, A.C.(2007). **Grain Legumes in Northern Great Plains: Impacts on Selected Biological Soil Processes**. *Agronomy Journal*, 99, 1700–1709.

MACEDO, M. C. M., & MARTHA JR, G. B. (2013). **ILPF: Um caminho para a diversificação e sustentabilidade econômica**. Embrapa Gado de Corte.

MACEDO, M. C. M., MARTHA JR, G. B., & SALTON, J. C. (2013). **Sustentabilidade do ILPF: Redução de insumos e aumento da fertilidade do solo**.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura: Plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono)**. Brasília, DF: MAPA/ACS, 2012.

MARCHÃO , R.L. 2007. **Integração lavoura-pecuária num latossolo do cerrado: impacto na física, matéria orgânica e macrofauna**. 153f. Tese (Doutor em Agronomia) – Universidade Federal de Goiás, Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Goiânia.

MARCIO NEVES RODRIGUES. **Atributos físicos, químicos e microbiológicos do solo em sistema de integração lavoura pecuária - floresta.** Disponível em: <http://www.bdt.d.ueg.br/handle/tede/421>

MARÓSTICA, MARIA EMILIA MOREIRA. **Saúde do solo e estoque de carbono em áreas com sistemas integrados de produção no Cerrado.** Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11140/tde-01112023-160015/>

MARTINS, DAILIENE COSTA. **Avaliação de sistemas integrados: iLP e iLPF.** Disponível em: <http://www.bdt.d.ueg.br/handle/tede/102>

MARTINS, Paulo Gonçalves; MACHADO, Pedro Luiz Oliveira de Andrade; BALIEIRO, Fernando de Carvalho. **Sistemas integrados de produção agropecuária: avanços e desafios na promoção da sustentabilidade em áreas tropicais.** In: DIAS-FILHO, Moacyr Bernardino (Org.). Manejo sustentável em pastagens. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2014. p. 125-150.

MARTINS, R. M.; REZENDE, M. L. **Uso da integração lavoura-pecuária-floresta e proteção de áreas de preservação permanente em propriedades familiares.** Revista Em Extensão, v. 19, n. 1, p. 98-105, 2020.

MOREIRA, F. M. de S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo.** 2.ed. atual. e ampl. Lavras: Ufla, 2006. 729p.

NÃÃS, I. A. **Princípios de conforto térmico na produção animal.** São Paulo: Ícone Editora, 1989.

NAIR, P. K. R.; TONUCCI, R. G.; GARCIA, R.; NAIR, V. D. **Silvopasture and carbon sequestration with special reference to the Brazilian Savanna (Cerrado).** In: KUMAR, B. M.; NAIR, P. K. R. (Ed.). **Carbon sequestration potential of agroforestry systems: opportunities and challenges.** London: Springer, 2011. p. 145-162.

NERY, LILIANE MOREIRA. **Proposta metodológica para a transferência da tecnologia ILPF em pastagens, transferência do conhecimento e informação técnica para produtores rurais.** Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/15501>

NÓBREGA, CAMILA COSTA DA. **Atributos físicos de um Planossolo Háplico sob sistema de integração lavoura-pecuária-floresta para agricultura familiar no Agreste paraibano.** Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/29801>

OLIVEIRA, ALEXANDRE MOISÉS ERICSSON DE. **O solo sob o sistema de produção Integração Lavoura-Pecuária-Floresta no sudeste de Goiás: propriedades químicas e avaliação de impacto ambiental.** Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/6/6139/tde-16052016-150556/>

PACIULLO, D. S. C., CASTRO, C. R. T., & GOMIDE, C. A. M. (2011). **Sistemas silvipastoris como estratégia para o aumento da produtividade pecuária.** Ciência Rural.

PORFÍRIO-DA-SILVA, V. **Arborização de pastagens: I. Procedimentos para introdução de árvores em pastagens**. Colombo: Embrapa Florestas, 2006. 8 p. (Embrapa Florestas. Comunicado Técnico, 155).

RIBASKY, J.; MONTOYA, L. J.; RODIGHERI, H. R. **Sistemas Agroflorestais: aspectos ambientais e socioeconômicos**. Informe Agropecuário, v. 22, n. 212, p. 61-67, 2001.

RODRIGUES, MARCIO NEVES. **Atributos físicos, químicos e microbiológicos do solo em sistema de integração lavoura pecuária-floresta**. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/NCAP-9BNGDG>

RODRIGUES, M. G. A. O papel da rotação de culturas e do manejo sustentável no sistema ILPF. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 43, p. 213-221, 2019.

SALTON, J. C. (Ed.). PEZARICO, C. R.; TOMAZI, M.; COMAS, C. C.; RICHETTI, A.; MERCANTE, F. M.; CONCENÇO, G. **20 Anos de Experimentação em Integração Lavoura-Pecuária na Embrapa Agropecuária Oeste: relatório**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2015b. 167 p. (Documentos 130).

SALTON, J.C., TOMAZI, M. 2014. **Sistema radicular de plantas e qualidade de solo. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste**, 1-6. – (Comunicado Técnico/ Embrapa Agropecuária Oeste, ISSN 1679-0472; 198).

SARTORELLI, P. A., BUNGENSTAB, D. J., & CORREIA, M. E. F. (2014). **A contribuição do ILPF para a geração de renda a partir de produtos florestais**. Embrapa Meio Ambiente.

SCHUMACHER, M. V; POGGIANI, F. **Caracterização microclimática no interior dos talhões de Eucalyptus camaldulensis Dehnh, Eucalyptus grandis Hill ex Maiden e Eucalyptus torelliana F. Muell, localizados em Anhembi, SP**. Ciências Florestais, v. 3, n. 1, p. 9-20, 1993.

SILVA, A. F. et al. Avaliação dos impactos do sistema ILPF na recuperação de solos degradados em Rondônia. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 39, n. 3, p. 112-124, 2015.

SILVA, JACQUELINE JESUS NOGUEIRA DA. **Diversidade bacteriana e emissão de N₂O e CH₄ em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no bioma Amazônia**. Disponível em: <http://ri.ufmt.br/handle/1/4260>

SILVA, JACQUELINE JESUS NOGUEIRA DA. **Diversidade bacteriana e emissão de N₂O e CH₄ em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no bioma Amazônia**. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/NCAP-9BNGDG>

SOUZA, D. M. G., & CARVALHO, J. L. N. (2014). **Componente florestal no ILPF: Benefícios ambientais e controle de pragas**. Embrapa Cerrados.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. Porto Alegre: Artmed, 2004. 722 p. VAN OUDENHOVEN, A. P. E. et al. **Framework for systematic indicator selection to**

assess effects of land management on ecosystem services. Ecological Indicators, v. 21, p. 110-122, <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.01.012>

TORNQUIST, C. G. F. M.; HONS, S. E.; FEAGLEY, J.; HAGGAR. **Agroforestry system effects on soil characteristics of the Sarapiquí region of Costa Rica.** Agriculture Ecosystems Environment. v.73, p.19-28, 1999.

VITAL, A. R. T.; GUERRINI, I. G.; FRANKEN, W. K.; FONSECA, R. C. B. **Produção de serrapilheira e ciclagem de nutrientes de uma floresta estacional semidecidual em zona ripária.** Revista Árvore, v. 28, p. 793-800, 2004.

YAO, Q.; LI, X.; FENG, G.; CHRISTIE, P. **Mobilization of sparingly soluble phosphates by the external mycelium of an arbuscular mycorrhizal fungus.** Plant and Soil, v. 230, p. 279-285, 2001.

ZANATTA, J. A. 2009. **Emissão de óxido nitroso afetada por sistemas de manejo do solo e fontes de nitrogênio.** 93 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.



unifaema Biblioteca
Júlio Bordignon

RELATÓRIO DE VERIFICAÇÃO DE PLÁGIO

DISCENTE: Elis Regina Cordazzo Bottega, Nara Meireles Castoldi.

CURSO: Agronomia

DATA DE ANÁLISE: 18.11.2024

RESULTADO DA ANÁLISE

Estatísticas

Suspeitas na Internet: **2,57%**

Percentual do texto com expressões localizadas na internet [▲](#)

Suspeitas confirmadas: **2,2%**

Confirmada existência dos trechos suspeitos nos endereços encontrados [▲](#)

Texto analisado: **94,19%**

Percentual do texto efetivamente analisado (frases curtas, caracteres especiais, texto quebrado não são analisados).

Sucesso da análise: **100%**

Percentual das pesquisas com sucesso, indica a qualidade da análise, quanto maior, melhor.

Analisado por Plagius - Detector de Plágio 2.9.6
segunda-feira, 18 de novembro de 2024

PARECER FINAL

Declaro para devidos fins, que o trabalho das discentes ELIS REGINA CORDAZZO BOTTEGA n. de matrícula **47391**, e NARA MEIRELES CASTOLDI n. de matrícula **38581**, do curso de Agronomia, foi aprovado na verificação de plágio, com porcentagem conferida em 2,57%. Devendo as alunas realizarem as correções necessárias.

Assinado digitalmente por: ISABELLE DA SILVA SOUZA
Razão: Responsável pelo documento
Localização: UNIFAEMA - Ariqueme/RO
O tempo: 19-11-2024 22:23:33

ISABELLE DA SILVA SOUZA
Bibliotecária CRB 1148/11
Biblioteca Central Júlio Bordignon
Centro Universitário Faema – UNIFAEMA